



Research Centre on
ZERO EMISSION
NEIGHBOURHOODS
IN SMART CITIES



NULLUTSLIPPSNABOLAG I SMARTE BYER

Definisjon, vurderingskriterier og nøkkellindikatorer
Versjon 3.0. Norsk

ZEN REPORT No. 38 – 2022





Research Centre on
ZERO EMISSION
NEIGHBOURHOODS
IN SMART CITIES

ZEN Rapport No. 38

Marianne Kjendseth Wiik¹⁾, Kristin Fjellheim¹⁾, Camille Vandervaeren¹⁾, Synne Krekling Lien¹⁾, Solveig Meland¹⁾, Tobias Nordström²⁾, Daniela Baer¹⁾, Caroline Cheng¹⁾, Shannon Truloff²⁾, Helge Brattebø²⁾ and Arild Gustavsen²⁾

¹⁾ SINTEF Community, ²⁾ Norwegian University of Science and Technology (NTNU)

Nullutslippsnabolag i smarte byer

Definisjon, nøkkelindikatorer og vurderingskriterier: Versjon 3.0

Keywords: Nullutslippsnabolag, Definisjon, nøkkelindikatorer, vurderingskriterier

ISBN 978-82-536-1744-2

Norwegian University of Science and Technology (NTNU) | www.ntnu.no

SINTEF Community | www.sintef.no

<https://fmezen.no>

Preface

Acknowledgements

This report has been written within the Research Centre on Zero Emission Neighbourhoods in Smart Cities (ZEN Research Centre). The authors gratefully acknowledge the support from the Research Council of Norway, the Norwegian University of Science and Technology (NTNU), SINTEF, the municipalities of Oslo, Bergen, Trondheim, Bodø, Bærum, Elverum and Steinkjer, Trøndelag county, Norwegian Directorate for Public Construction and Property Management, Norwegian Water Resources and Energy Directorate, Norwegian Building Authority, ByBo, Elverum Tomteselskap, TOBB, Snøhetta, Tegn_3, Asplan Viak, Multiconsult, Sweco, Civitas, FutureBuilt, Hunton, Moelven, Norcem, Skanska, GK, Caverion, Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk (NTE), Smart Grid Services Cluster, Statkraft Varme, Energy Norway and Norsk Fjernvarme.

The Research Centre on Zero Emission Neighbourhoods in Smart Cities

The ZEN Research Centre develops solutions for future buildings and neighbourhoods with no greenhouse gas emissions and thereby contributes to a low carbon society.

Researchers, municipalities, industry and governmental organizations work together in the ZEN Research Centre to plan, develop and run neighbourhoods with zero greenhouse gas emissions. The ZEN Centre has nine pilot projects spread over all of Norway that encompass an area of more than 1 million m² and more than 30 000 inhabitants in total.

In order to achieve its high ambitions, the Centre will, together with its partners:

- Develop neighbourhood design and planning instruments while integrating science-based knowledge on greenhouse gas emissions.
- Create new business models, roles, and services that address the lack of flexibility towards markets and catalyse the development of innovations for a broader public use, including studies of political instruments and market design.
- Create cost effective and resource and energy efficient buildings by developing low carbon technologies and construction systems based on lifecycle design strategies.
- Develop technologies and solutions for the design and operation of energy flexible neighbourhoods.
- Develop a decision-support tool for optimizing local energy systems and their interaction with the larger system.
- Create and manage a series of neighbourhood-scale living labs, which will act as innovation hubs and a testing ground for the solutions developed in the ZEN Research Centre. The pilot projects are Furuset in Oslo, Fornebu in Bærum, Kunnskapsaksen Sluppen and Kunnskapsaksen Campus NTNU in Trondheim, Mære landbruksskole in Steinkjer, Ydalir in Elverum, Campus Evenstad in Hedemark, Ny By – Ny Flyplass in Bodø, and Zero Village in Bergen

The ZEN Research Centre will last eight years (2017-2024), and the budget is approximately NOK 380 million, funded by the Research Council of Norway, the research partners NTNU and SINTEF, and the user partners from the private and public sector. The Norwegian University of Science and Technology (NTNU) is the host and leads the Centre together with SINTEF.



<https://fmezen.no>



@ZENcentre



FME ZEN (page)

Redaktørene vil takke forskerne for deres innspill. Listen under gir en oversikt over deltagere i hver ZEN ekspertgruppe som har bidratt til ZEN definisjonsarbeidet:

Klimagassutslipp: Marianne Kjendseth Wiik (SINTEF), Selamawit Mamo Fufa (SINTEF), Kristin Fjellheim (SINTEF), Christofer Skaar (SINTEF), Carine Lausset (SINTEF), Håvard Bergsdal (SINTEF), Eirik Resch (NTNU) og Camille Vandervaeren (SINTEF).

Energi og effekt: Synne Krekling Lien (SINTEF), Igor Sartori (SINTEF), Harald Taxt Walnum (SINTEF), Åse Lekang Sørensen (SINTEF), Karen Byskov Lindberg (SINTEF), Ove Wolfgang (SINTEF), John Clauss (SINTEF), Hanne Kauko (SINTEF), Laurent Georges (NTNU), Magnus Askeland (NTNU), Kasper Thorvaldsen (NTNU), Stian Backe (SINTEF), Dimitri Pinel (NTNU), Marius Bagle (SINTEF) og Inger Andresen (NTNU).

Mobilitet: Solveig Meland (SINTEF), Unn Karin Thorenfeldt (SINTEF), Bendik Manum (NTNU), Peter Schön (NTNU), Eva Heinen (NTNU), Hampus Karlsson (SINTEF) og Astrid Bjørgen (SINTEF).

Økonomi: Caroline Cheung (SINTEF), Kristin Tolstad Uggen (SINTEF) og Stian Backe (NTNU).

Stedskvaliteter: Tobias Nordström (NTNU), Daniela Baer (SINTEF), Judith Thomsen (SINTEF), Lars Arne Bø (SINTEF), Bendik Manum (NTNU), Johannes Brozovsky (NTNU) og Lillian Sve Rokseth (NTNU).

Innovasjon: Shannon Truloff (NTNU), Ann Kristin Kvelheim (SINTEF), Terje Jacobsen (SINTEF), Raymond Andreas Stokke (NTNU), Eli Sandberg (SINTEF), Luitzen de Boer (NTNU), Kjell Olav Skjølvik (NTNU), Poul Houman Andersen (NTNU), Asgeir Tomasgård (NTNU) og Elsebeth Holmen (NTNU).

I tillegg, ZEN definisjonsrapport har blitt sendt på høring hos ZEN partnere. Redaktørene vil takke alle ZEN partnere for deres innspill. Følgende ZEN partnere har sendt inn forslag, kommentarer og bidrag til denne versjonen av ZEN definisjonsrapport:

Bodø kommune, Energi Norge, Elverum Vekst, FutureBuilt, Norsk Fjernvarme, Statsbygg og Trondheim kommune.

Dokumenthistorikk

Versjon	Dato	Versjonsbeskrivelse
Version 1.0	2018	Den første versjonen av dette dokumentet beskrev definisjonene, nøkkelindikatorer (KPI) og vurderingskriterier som benyttes i forskningssenteret for nullutslippsområde i smarte byer (ZEN senteret). De syv ZEN kategoriene (klimagassutslipp, energi, effekt, mobilitet, stedskvaliteter, økonomi og innovasjon) og relaterte KPI-er ble beskrevet.
Version 2.0	2021	Den andre utgaven (versjon 2.0) av definisjonen av nullutslippsområder (ZEN) bygger på v1.0 av ZEN definisjonsrapporten. ZEN kategoriene klimagassutslipp, energi og effekt er oppdatert etter at KPI-ene har blitt testet ut i forskjellige pilotprosjekter. Det er også lagt til et nytt kapittel (kapittel 5) som omhandler ZEN KPI verktøyet og rammeverket. ZEN kategoriene mobilitet, stedskvaliteter, økonomi og innovasjon er delvis oppdatert i denne utgaven.
Version 3.0	2022	Denne tredje utgaven (versjon 3.0) av definisjonen av nullutslippsområder (ZEN) bygger på de to tidligere versjonene av ZEN definisjonsrapporten. Klimagassutslipp (KGU), energi (ENE) og effekt (EFF) kategoriene har blitt videre utviklet og raffinert gjennom empirisk forskning og iterativ testing i ZEN pilotområdene. Tabell 2: ZEN-vurderingskriterier og nøkkelindikatorer (KPI) er revidert. Justeringer for kategoriene mobilitet (MOB), økonomi (ØKO), stedskvaliteter (KVA) og innovasjon (INN) er gjennomført. Innovasjon inneholder ikke lenger ZEN vurderingskriterier eller nøkkelindikatorer, men er fortsatt en viktig prosess som skal forskes videre på i de neste utgavene av ZEN definisjonsrapport. Rapporten er nå delt i en engelsk versjon (EN) og en norsk versjon (NO).

Sammendrag

Denne rapporten beskriver definisjonen, nøkkelindikatorer og vurderingskriterier som benyttes i forskningssenteret for nullutslippsområde i smarte byer (ZEN senteret). Denne tredje utgaven av ZEN-definisjonen bygger på tidligere versjoner av ZEN-definisjonen. Klimagassutslipp (KGU), energi (ENE) og effekt (EFF) kategoriene har blitt videre utviklet og raffinert gjennom empirisk forskning og iterativ testing i ZEN pilotområdene. Tabell 2: ZEN-vurderingskriterier og nøkkelindikatorer (KPI) er revidert. Justeringer for kategoriene mobilitet (MOB), økonomi (ØKO), stedskvaliteter (KVA) og innovasjon (INN) er gjennomført. Innovasjon inneholder ikke lenger ZEN vurderingskriterier eller nøkkelindikatorer, men er fortsatt en viktig prosess som skal forskes videre på i de neste utgavene av ZEN definisjonsrapport. Rapporten er tilgjengelig i en engelsk versjon (EN) og en norsk versjon (NO). Til sammen har over 100 eksperter fra ZEN senteret bidratt til dette dokumentet.

Innhold

1	Introduksjon	9
1.1	Forskningscenteret for nullutslippsområder i smarte byer (ZEN-senteret)	9
2	Bakgrunn	11
2.1	The Research Centre on Zero Emission Buildings (ZEB-senteret).....	11
2.2	Planning Instruments for Smart Energy Communities (PI-SEC).....	13
2.3	Smart Cities and Communities (SCC).....	13
2.4	Positive Energy Blocks (PEB).....	14
2.5	BREEAM Communities	15
2.6	CITYkeys	15
2.7	Relevante nasjonale og internasjonale standarder	15
3	Definisjoner.....	16
3.1	ZEN-definisjonen	16
3.2	Andre begrep og definisjoner	18
4	ZEN-vurderingskriterier og nøkkelindikatorer	22
4.1	Klimagassutslipp (KGU).....	26
	KGU1.1 Materialer (A1-A3, B4)	28
	KGU1.2 Byggefase (A4-A5).....	29
	KGU1.3 Bruk (B1-B3, B5)	29
	KGU1.4 Energibruk i drift (B6).....	29
	KGU1.5 Transport i drift (B8).....	30
	KGU1.6 Sluttfasen (C1-C4)	30
	KGU1.7 Fordeler og konsekvenser (D).....	30
4.2	Energi (ENE).....	30
	ENE2.1 Energiebehov i bygg (Energieffektivitet i bygninger).....	32
	ENE2.2 Levert energi (Energibærere).....	32
	ENE2.3 Egenforbruk av lokal fornybar energiproduksjon (Energibærere).....	32
4.3	Effekt (EFF).....	33
	EFF3.1 – Maksimal last (Effektytelse).....	34
	EFF3.2 – Maksimal eksport (Effektytelse).....	34
	EFF3.3 Lastfleksibilitetsindikatorer (Lastfleksibilitet)	35
4.4	Mobilitet (MOB)	35
	MOB4.1 Tilgang til kollektivtransport.....	36
	MOB4.2 Reisetidsforhold.....	37
	MOB4.3 Parkeringstilbud.....	37
	MOB4.4 Bilhold.....	37
	MOB4.5 Mobilitetsmønster.....	37
	MOB4.6 Transportarbeid	38
	MOB4.7 Vare- og nyttetransport.....	38
4.5	Stedskvaliteter (KVA)	38

	KVA5.1 Demografisk analyse.....	39
	KVA5.2 Interessentanalyse	39
	KVA5.3 Behovsanalyse	39
	KVA5.4 Konsultasjonsplan.....	39
	KVA5.5 Urban tilgjengelighet	40
	KVA5.6 Gatetilkobling	40
	KVA5.7 Arealbruksmiks.....	40
	KVA5.5 Grønne arealer.....	40
4.6	Økonomi (ØKO).....	40
	ØKO6.1 Kapitalkostnader	40
	ØKO6.2 Driftskostnader.....	41
	ØKO6.3 Overordnet ytelse.....	41
5	Innovasjon (INN)	41
6	Rammeverk for ZEN KPI verktøy	43
7	Begrensninger og videre arbeid	45

1 Introduksjon

1.1 Forskningscenteret for nullutslippsområder i smarte byer (ZEN-senteret)

Formålet for forskningscenteret for nullutslippsområder i smarte byer (3) er å besvare følgende forskningsspørsmål:

Hvordan skal fremtidens bærekraftige områder utformes, bygges, transformeres og styres for å redusere utslippene av klimagasser mot netto null?

I forskningssøknaden for ZEN-senteret ble det gitt en foreløpig beskrivelse av et nullutslippsområde:

"Et utvalg av sammenkoblede bygninger med distribuerte energiresurser som solenergisystemer, elektriske kjøretøyer, ladestasjoner og varmesystemer, som ligger innenfor et avgrenset geografisk område og med en veldefinert fysisk grense for elektriske og termiske nett. Området skal ikke sees som en selvstendig enhet; det er knyttet til den omkringliggende mobilitets- og energiinfrastrukturen, og området skal optimaliseres i forhold til omkringliggende by- og samfunnsstrukturer. "

Selv om denne foreløpige beskrivelsen primært er fokusert på energiaspekter, er begrepet nullutslippsområde også knyttet til andre aspekter som klimagassutslipp (KGU), energi, (ENE) effekt (EFF), mobilitet (MOB), økonomi (ØKO), stedskvaliteter (KVA) og innovasjon (INN) aspekter.

Vi har hentet inspirasjon fra en rekke kilder når vi har definert konseptet *nullutslippsområde*, inkludert arbeid med andre lignende definisjoner og konsepter fra hele Europa og spesielt i Norge. Noen av disse kildene er:

- FME-ZEB – The Research Centre on Zero Emission Buildings (4)
- Forskningsprosjektet PI-SEC – Planning Instruments for Smart Energy Communities (5)
- Horizon 2020 – Smart Cities and Communities (6,7)
- PEB-definisjonen – Positive Energy Blocks in Horizon 2020 (8)
- Miljøsertifiseringsverktøyet BREEAM Communities (9)
- Forskningsprosjektet CITYKeys (10)
- Relevante nasjonale og internasjonale standarder

Disse kildene er beskrevet i kapittel 2 Bakgrunn. I tillegg er flere av KPIene blitt testet ut på ZEN pilotområder. For noen pilotområder har ZEN kategoriene blitt testet ut, men de spesifikke KPIene er ikke evaluert (indikert med (x) i Tabell 1). På sikt skal alle KPI testes ut i et utvalg av ZEN pilotområder. For mer bakgrunn og informasjon se også 'ZEN guideline for the ZEN pilot areas, Versjon 1.0' rapporten (11) og Versjon 2.0 rapporten (12).

Tabell 1. Oversikt over uttesting av KPIene i ZEN pilotområdene

	KGU	ENE	EFF	MOB	KVA	ØKO
Ny By – Ny Flyplass, Bodø		x			(x)	
Kunnskapsaksen, Campus, Trondheim	(x)					
Kunnskapsaksen, Sluppen, Trondheim	x	x	x		(x)	
Mære landbruksskole, Steinkjer	x	x				
Fornebu, Bærum		x	x		(x)	
Ydalir, Elverum	x	x	x	(x)	(x)	
Campus Evenstad, Hedmark		x	x			(x)
Furuset, Oslo		x	x			
Zero Village, Bergen		x	x	(x)		

I de påfølgende kapitlene presenteres bakgrunnen for ZEN-definisjonen i kapittel 2, selve ZEN-definisjonen er presentert i kapittel 3, en sammenstilling av nøkkelindikatorene og vurderingskriteriene som inngår i ZEN-definisjonen er inkludert i kapittel 4, innovasjonsaspektet er beskrevet i kapittel 5, ZEN KPI verktøyet og rammeverket blir beskrevet i kapittel 6 og en oversikt over begrensninger samt muligheter for videre arbeid er presentert i kapittel 7.

2 Bakgrunn

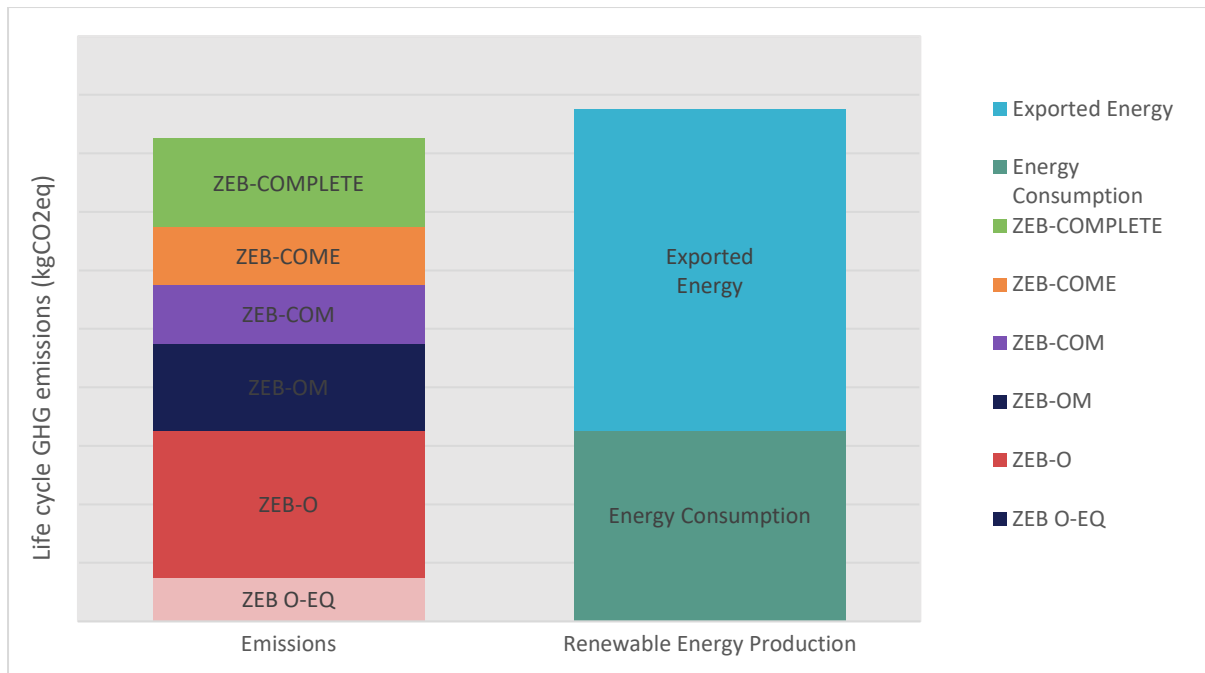
2.1 The Research Centre on Zero Emission Buildings (ZEB-senteret)

ZEB-senteret var et forskingssenter for miljøvennlig energi (FME) i perioden 2008-2016 (4). I ZEB-senteret ble det utviklet en metodikk for måling og rapportering av klimagassutslipp, målt i CO₂-ekvivalenter (kg CO₂e/m²/år), for energibruk i drift (O), materialbruk i bygget (M), byggefasen (C), bruksfasen ut over energi- og materialbruk (PLET) og bygningens slutfase (E) (13–15). For å nå nullambisjonen skal disse utslippene kompenseres gjennom lokal fornybar energiproduksjon. For hvert ZEB-pilotprosjekt ble det definert et ZEB-ambisjonsnivå, basert på hvilke faser som ble inkludert innenfor systemgrensene. For eksempel forutsetter ambisjonsnivået ZEB-COM at bygningen skal produsere nok lokal fornybar energi til å kompensere for alle klimagassutslipp fra byggefasen (C), energibruk i drift (O) og materialbruk (M). En mer detaljert beskrivelse av ZEB-definisjonen og metodikken finnes i ZEB-rapport nr. 17, ZEB-rapport nr. 29 og Byggforskserien 473.010 om nullutslippsbygninger (13–15). Et forenklet diagram av ZEB utslippsbalanse er gitt i Figur 1.

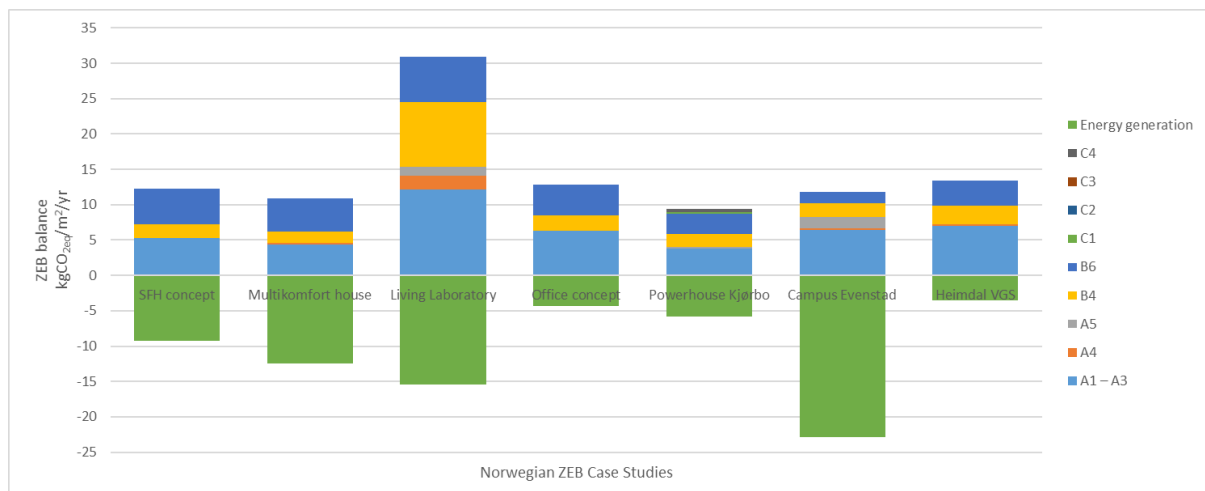
ZEB metoden var brukt i syv pilotprosjekter og to konseptstudier utviklet i samarbeid med ZEB senteret. Dette består av en enebolig konseptbygg (16,17), Multikomforthus i Larvik (18), Living Laboratory i Trondheim (19–21), et kontor konseptbygg (22,23), Powerhouse Kjørbo i Sandvika (24–26), administrasjonsbygg på Campus Evenstad (27,28), Visund kontorbygg på Haakonsværn, Bergen, fem boliger på Skarpnes, Arendal, og Heimdal videregående skole i Trondheim (29). Disse bygninger består av ulike bygningstyper (bolig, kontor og skolebygg). En oversikt over ZEB utslippsbalanse for noen av disse bygningene er vist i Figur 2.

Figur 3 viser hvordan klimagassutslippene utvikler seg over tid for pilotprosjektet ZEB Campus Evenstads utdannings- og administrasjonsbygning i et 60-årsperspektiv. Resultatene viser at en stor andel av utslippene oppstår i produksjonsfasen og byggefasen, mens det er lave årlige klimagassutslipp fra driftsfasen på grunn av energieffektive løsninger og lavt utslipp fra energikildene. Kompensasjon av klimagassutslippene med lokal fornybar energiproduksjon gir også årlige utslag. Videre ser vi at det er en økning i klimagassutslippene etter 20, 30 og 40 år. Dette skyldes utskiftning av bygningsdeler i byggets levetid. Campus Evenstad er også et pilotområde i ZEN-senteret.

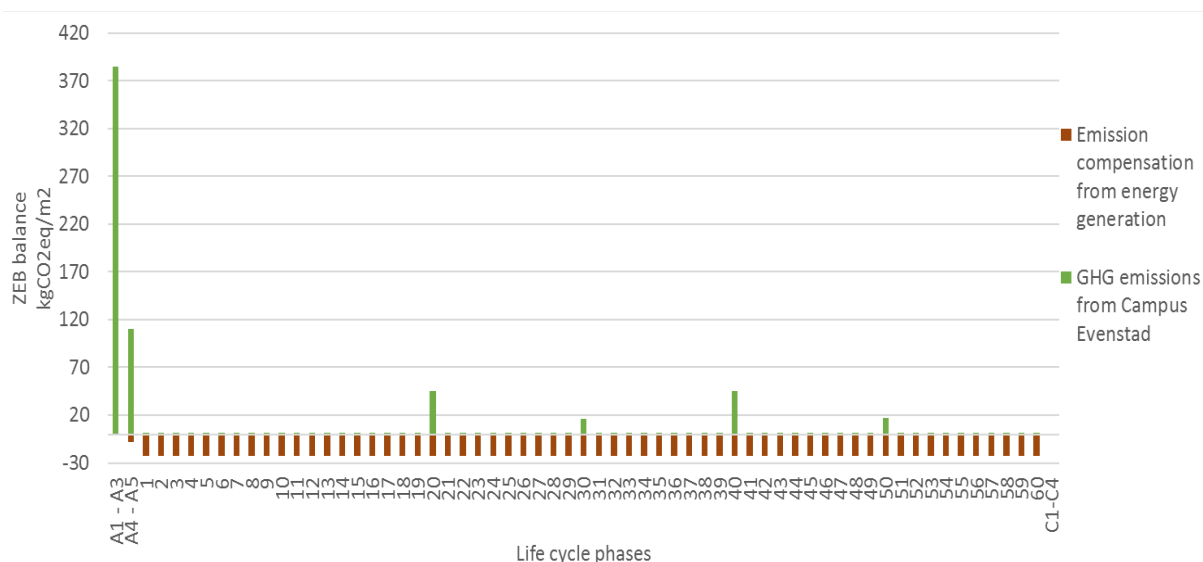
Metoden og erfaringer fra ZEB senteret er viktige utviklinger for feltet klimagassberegninger av bygninger i Norge (11). Lærepunkter fra ZEB senteret på metodiske valg har blitt tatt videre inn i NS 3720 En metode for klimagassberegninger for bygninger (30). Lærdom om klimagassutslippsreduksjonsstrategier (som f.eks. design og materialvalg) skal tas videre inn i ZEN senteret.



Figur 1. Kompensasjon av klimagassutslipp fra energibruk I driftsfasen (O), materialer (M), byggefase (C), slutfase (E) og bruksfasen (PLET) i nullutslippsbygninger (ZEB) fra lokal, fornybar energiproduksjon (11).



Figur 2. ZEB balanse for hvert nullutslippsbygg per livsløpsmodul (11).



Figur 3. Årlige klimagassutslipp (grønt) og kompenserte utslipp (rødt) fra undervisnings- og administrasjonsbygningen på Campus Evenstad over en tidsperiode på 60 år (31).

2.2 Planning Instruments for Smart Energy Communities (PI-SEC)

PI-SEC (Planning instruments for smart energy communities) er et norsk forskningsprosjekt som går fra 2016-2019, hvor hovedleveransen var en verktøykasse som skal møte behovene både i forbindelse med kommunal planlegging (ovenfra-ned) og i prosjektplanlegging og byggefase (nedenfra-opp). På kommuneplanleggingsnivå er det viktig å forstå praksisen til byplanleggerne, slik at energibruk kan bli en integrert del av planleggingen. På prosjektplanleggings- og byggefase nivå skal verktøykassen bidra til økt kunnskap om hvilke parametere eller nøkkelindikatorer (KPIer) som er viktige for smarte og bærekraftige byer (5). Det er en utfordring å koble nøkkelindikatorer på bygningsnivå med områdekriterier. Dette krever en kombinasjon av kvantitative og kvalitative nøkkelindikatorer og vurderingskriterier. Verktøyet for kommunal planlegging er basert på planleggingshjul som metode, mens det for prosjektplanleggings- og byggefase utvikles et indikatorverktøy som kan brukes til å definere mål. Basert på dette undersøker PI-SEC spesielt klimagassreduksjon, økt energieffektivitet, økt bruk av fornybare energiresurser, økt bruk av lokale energikilder og grønn mobilitet. PI-SEC identifiserer 21 nøkkelindikatorer (KPIer) gjennom en tverrfaglig tilnærming på alle nivåer (bygning, nabolag, by, region og nasjon). To ZEN-pilotområder er testarenaer i PI-SEC; Zero Village Bergen og Furuset (5).

2.3 Smart Cities and Communities (SCC)

Smart Cities & Communities (H2020 SCC) er et Horizon 2020-arbeidsprogram som adresserer underkategorien 'sikker, ren og effektiv energi' under hovedkategorien 'samfunnsutfordringer' (8). Den overordnede målsettingen er å løse utfordringen med bærekraftig utvikling i byområder. Det fokuseres på nye, effektive og brukervennlige teknologier og tjenester innen energi, transport og IKT. Arbeidsprogrammet fremhever også behovet for integrerte tilnæringer innen forskning, utvikling og anvendelse.

SCC-programmet har en serie forbildeprosjekter (12 aktive prosjekter siden 2015), hvor forbildeprosjektene tar utgangspunkt i problemstillinger som er særskilte for byer. Det skal frembringes storskala-løsninger basert på integrerte og svært effektive kommersielle løsninger med stort markeds-potensial. Utbredelsen av forbildeprosjekter skal oppmuntre til å reproducere løsningene og utbredelse

av ny teknologi (6,7). Parallelt med dette arbeides det med å opprette en rapporteringsplattform og database for Smart Cities Information System (SCIS), i tillegg til nøkkelindikatorer utviklet i H2020-prosjektet CITYkeys (10).

En rekke aspekter som er viktige for ZEN-senteret er også vurdert i SSC, som gjør at SSC er en god sammenligning med ZEN-senteret i et europeisk perspektiv. Dette inkluderer aspekter som:

- Utvikling, testing og ytelsesovervåking
- Bærekraftig overgang til ren energi
- Økt integrasjon av energisystemer og strengere krav til energiytelse
- Integreerte og nyskapende løsninger for plusskvartaler og plussområder
- Integreerte innovative løsninger for plussområder (*positive energy blocks and districts*)
- Analysere samspill og integrering mellom bygninger, brukere og energisystemer
- Energilagring og elektromobilitet
- Integreert planlegging og flerbruksområder i byer
- Gjenskape løsninger med lokal tilpasning
- Reduserte klimagassutslipp og dekarbonisering
- Forbedret energieffektivitet, lagring, integrasjon og egenforbruk
- Støtte klimareduksjon og klimatilpasning
- Undersøke urbane, tekniske, økonomiske, reguleringsmessige, kjønnsmessige, sosioøkonomi og sosiale aspekter
- Utvikle nye forretningsmodeller
- Harmonisere indikatorer med mål på byplan, oppskalering til bynivå
- Inkludere lokalsamfunn og lokaldemokrati
- Forbedret luftkvalitet
- Stordata (big data), datahåndtering, digitalisering, datasikkerhet og datavern

2.4 Positive Energy Blocks (PEB)

Horizon 2020-arbeidsprogrammet fastslår at for å oppnå en nødvendig overgang til ren energi i byer, så må energisystemene integreres, energikravene strammes inn betydelig i forhold til dagens krav, samt plussområder (positive energy blocks) må realiseres over hele Europa innen 2050. Arbeidsprogrammet gir følgende definisjon for plussområder (8):

"Plussområder er kvartaler og områder som består av flere bygninger (nye, oppgraderte, eller en kombinasjon) som aktivt styrer egen energibruk og energiflyten mellom området og det omkringliggende energisystemet. Plussområder har netto eksport av energi over året. De har optimal bruk av elementer som avanserte materialer, lokal fornybar energiproduksjon, lokal lagring, smarte nett, behovsstyring, banebrytende energistyring (f.eks. elektrisk, varme, kjøling), brukermedvirkning og IKT. Plussområder er designet for å være en positiv og integrert del av området eller byens energisystem. Løsningene er utformet med egenskaper som gjør dem skalerbare og godt integrert i prosjektets kontekst med tanke på stedskvaliteter, økonomi, teknologi, miljø og sosiale forhold." (oversettelse)

2.5 BREEAM Communities

BREEAM Communities er et sertifiseringsverktøy for bærekraftige nabolag. Det er utviklet i Storbritannia og senere også anvendt i Norge. Det kan benyttes til å måle og forbedre sosiale, miljømessige og økonomiske aspekter i et område (9). BREEAM Communities bør ikke forveksles med BREEAM-NOR, som er en sertifisering for bygninger. BREEAM Communities kan brukes av planleggere, lokale politikere, lokalsamfunn og andre offentlige aktører. BREEAM Communities gir et helhetlig rammeverk for vurdering av bærekraftskriterier i et tidlig stadium av designprosessen. Verktøyet er utviklet spesielt for prosjekter som vil ha betydelig påvirkning på fremtidige eller eksisterende samfunn og infrastrukturer. BREEAM Communities-metodikken vurderer nabolag både kvantitativt og kvalitativt. Ettersom mange partnere er kjent med BREEAM metodikken er det flere partnere som ønsker å tilpasse ZEN med BREEAM Communities nøkkelindikatorer. ZEN nøkkelindikatorsettet bygger på BREEAM indikatorsettet (f.eks. BREEAM Government KPI mot ZEN prosessindikatorer under stedskvaliteter), men disse har blitt tilpasset og videre utviklet for å fremheve fokuset på klimagassutslipp i ZEN, og for å gi brukerne av ZEN KPI rammeverket muligheten til å bruke dem.

2.6 CITYkeys

CITYkeys-prosjektet (10) skal støtte utviklingen av løsninger og tjenester for smarte byer, for å kunne påvirke presserende samfunnsmessige utfordringer knyttet til kontinuerlig vekst og fortetting av byer, samt bidra til å nå EUs energi- og klimamål. Det overordnede målet med dette toårige prosjektet er å utvikle og validere nøkkelindikatorer og ulike metoder for datainnsamling for både transparent overvåkning og for å kunne sammenligne smartby-løsninger i ulike europeiske byer. Prosjektet har valgt nøkkelindikatorer for smarte byer som kan benyttes både på prosjekt- og bynivå (10).

2.7 Relevante nasjonale og internasjonale standarder

Et bredt utvalg av nasjonale og internasjonale standarder som er relevante for en ZEN-definisjon har blitt identifisert, og dermed også implementert i rammeverket for ZEN-definisjonen. Disse er (for standarder brukt spesifikt i enkeltkategorier se Tabell 2):

- *NS 3720: 2018.* Metode for klimagassberegninger for bygninger.
- *NS 3457-3: 2013.* Klassifikasjon av byggverk – Del 3: Bygningstyper.
- *NS 3451: 2009.* Bygningsdeltabell.
- *ISO 52000: 2017.* Bygningers energiytelse – Overordnet vurdering av bygningers energiytelse – Del 1: Generelt rammeverk og prosedyrer.
- *SN-NSPEK 3031.* Bygningers energiytelse – Beregning av energibehov og energiforsyning.
- *NS 3454: 2013.* Livssyklus kostnader for byggverk – Prinsipper og klassifikasjon.
- *NS-EN 16258: 2012.* Metode for beregning av og deklarerer av energiforbruk og klimagassutslipp for transporttjenester (vare- og persontransport).

3 Definisjoner

3.1 ZEN-definisjonen

Nedenfor er ZEN-definisjonen beskrevet, som skal være et overordnet og veiledende prinsipp for hele ZEN-prosjektet (3) og pilotområdene (11). Definisjonen er basert på tidligere prosjekt, eksisterende vurderingsmetoder (som ZEB-senteret, PI-SEC, SSC, PEB, BREEAM Communities og CITYkeys), samt innspill fra forskere og partnere i ZEN gjennom en rekke diskusjoner og workshops.

Forskningssenteret for nullutslippsområder i smarte byer (ZEN) definerer et "område" som en samling bygninger med tilhørende infrastruktur ¹⁾, lokalisert innenfor et avgrenset geografisk område ²⁾. Et **nullutslippsområde** har som målsetning å redusere sine direkte og indirekte **klimagassutslipp** mot netto null innenfor sin analyseperiode ³⁾, i tråd med et **valgt ambisjonsnivå**⁴⁾. Området bør ha fokus på følgende, der de fire første punktene har direkte konsekvens for energi og utslipp:

- a. Planlegging, design og drift av bygninger og deres tilhørende infrastruktur komponenter med sikte på netto **null klimagassutslipp** over livsløpet.
- b. Oppnåelse av høy **energieffektivitet** og en høy andel av **ny fornybar energi** i områdets forsyningssystem for energi.
- c. Smart styring av energiflyten i området (i bygg og mellom bygg) og av utvekslinger med det omkringliggende energisystemet, som sikrer **fleksibilitet** ⁵⁾.
- d. Fremme **bærekraftige transportmønstre** og smarte mobilitetssystemer.
- e. Planlegging, design og drift med hensyn på **økonomisk bærekraft**, ved minimerte levetidskostnader.
- f. Arealplanlegging sikrer gode **stedskvaliteter** og stimulerer bærekraftig atferd.
- g. Utviklingen av området er preget av innovative prosesser som benytter nye former av samarbeid mellom de involverte aktører som fører til **innovative løsninger**.

¹⁾ Bygninger kan være av ulike typer, f.eks. nye, eksisterende, energioppgraderte eller en kombinasjon. Infrastruktur inkluderer nettverk og teknologier for utveksling, produksjon og lagring av elektrisitet og varme. Infrastruktur kan eventuelt også inkludere nettverk og teknologier for vann, avløp, avfall, mobilitet og IKT.

²⁾ Området har en definert fysisk grense til eksterne nettverk (elektrisitet og varme, og hvis inkludert, vann, avløp, avfall, mobilitet og IKT). Systemgrensen for vurdering av energianlegg som betjener området er derimot ikke nødvendigvis lik den geografiske områdeavgrensningen.

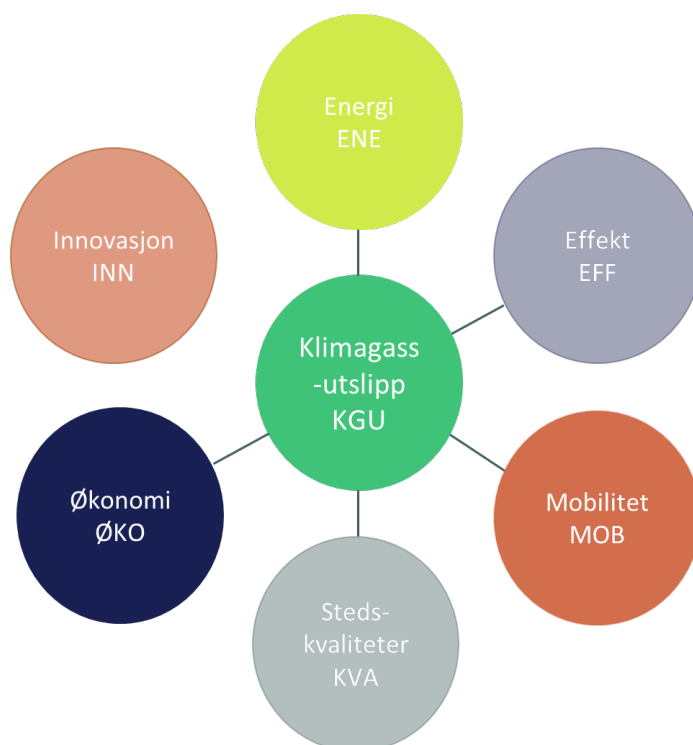
³⁾ Analyseperioden er normalt 60 år, der det antas 60 år levetid for bygning og 100 år for infrastruktur, samt relevant levetid for komponenter som skiftes ut.

⁴⁾ Ambisjonsnivå vil bli videre utviklet i fremtidige versjoner av definisjonen og etterhvert som referanseverdier er etablert.

⁵⁾ Fleksibilitet bør legge til rette for overgangen til et utslippsfritt energisystem og reduksjon av effektbehov.

ZEN-definisjonen er av natur skalerbar, men den bør alltid tilpasses lokale forhold med tanke på det bygde miljø, økonomi, teknologi, miljø, styring/regulering og sosiale forhold. Se kapittel 3.2 for en mer detaljer diskusjon av kjernebegreper.

Det må være et klart definert sett av vurderingskriterier og nøkkelindikatorer for alle aspektene av ZEN-definisjonen. Disse må være definert slik at det er mulig å utvikle kvantitative og kvalitative metoder og verktøy som kan brukes til å vurdere status og framdrift for ZEN-pilotene opp mot ambisjonsnivået for klimagassutslipp. For å gjøre ZEN-definisjonen operativ vil retningslinjer utvikles og gjøres tilgjengelig (1,11,12,32). Definisjon av vurderingskriterier og nøkkelindikatorer vil legge føringer for hvordan data måles og samles inn for datahåndteringsplattformen (33).



Figur 4. Syv kategorier i ZEN definisjonen

Som en følge av dette omfatter ZEN-definisjonen sju kategorier (som vist i Figur 4); Klimagassutslipp (KGU), Energi (ENE), Effekt (EFF), Mobilitet (MOB), Økonomi (ØKO), Stedskvaliteter (KVA) og Innovasjon (INN).

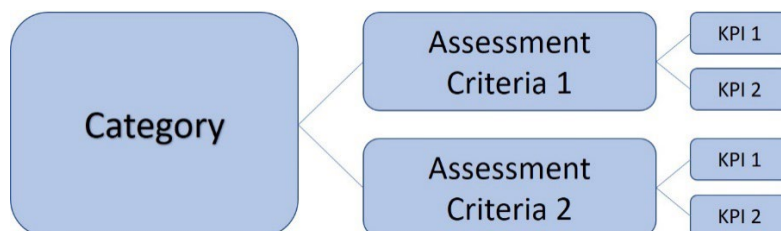
De ovenstående kategoriene er identifisert gjennom en rekke workshops med ZEN-interessenter som et viktig ledd i realiseringen av ZEN målet, og for å kunne gi et tilpasningsdyktig rammeverk for utvikling av fremtidige ZEN områder. ZEN definisjonen bør være skalerbar, imidlertid kan tilpasning av definisjonen til lokale forhold kreve et stadig fokus på innovasjon i flere år før ZEN blir den nye normen. Det er av denne grunn at den mindre håndgripelige kategorien innovasjon forblir undersøkt når det gjelder metodikk. Seks av de syv kategoriene har et sett med ett eller flere vurderingskriterier og for hvert av disse et sett med nøkkelindikatorer (KPIer). Innovasjon har ikke tilhørende nøkkelindikatorer.

3.2 Andre begrep og definisjoner

ZEN-senteret benytter tverrfaglig kunnskap og erfaringer fra et bredt spekter av fagområder, og fra personer med ulik faglig bakgrunn. Det er derfor viktig å sikre at vi har en felles forståelse av noen av hovedbegrepene og definisjonene som brukes i denne ZEN-definisjonsrapporten.

Vurderingskriterier er krav som må oppfylles for at et område skal betraktes som miljømessig, sosialt og økonomisk bærekraftig og gjennomførbart (34). Vurderingskriterier kan være enten obligatoriske eller frivillige. Kriterier kan være avhengige av hverandre, slik at et kriterium må være oppfylt før det er mulig å oppfylle et annet. Det er vanligvis kvantitative nøkkelindikatorer (KPI) som benyttes for å måle kriterier, men noen kan være kvalitative. Se Figur 5 for en oversikt over systemet av kategorier, vurderingskriterier og nøkkelindikatorer i ZEN definisjonen.

Nøkkelindikator (Key Performance Indicator, KPI) er i ZEN-sammenheng et sett med tallfestede prestasjonsindikatorer som er basert på prosjektdata og som brukes til å måle hvor godt et område presterer. Nøkkelindikatorene kan brukes til å måle utviklingstrekk over tid eller til å sammenligne et område med andre lignende områder (5).



Figur 5. System av kategorier, vurderingskriterier og nøkkelindikatorer i ZEN definisjonen.

ZEN beregninger: Denne paraplybetegnelsen dekker nøkkelverdiene for både vurderingskriteriene og nøkkelverdiene brukt i ZEN forskningssenteret.

ZEN KPI verktøy: KPI verktøyet skal hjelpe partnerne i å operasjonalisere ZEN definisjonen og visualisere resultatene fra alle ZEN kategoriene og KPIene. Verktøyet skal compilere informasjonen fra alle KPIene og presentere det på en forståelig og oversiktlig måte.

ZEN verktøykasse: ZEN verktøykassen er en samling av eksisterende verktøy som ZEN interessenter bruker for å beregne verdiene innenfor KPIene. Resultatene fra de forskjellige verktøyene vil være input inn i ZEN KPI verktøyet.

Prosjektfaser er de fasene av prosjektet som vurderes i ZEN-definisjonen: strategisk planleggingsfasen, implementeringsfasen, og bruksfasen, se Figur 6. En detaljert beskrivelse av disse fasene er inkludert i 'ZEN guideline for the ZEN pilot areas. Version 1.0' rapporten (11) og Version 2.0 rapporten (12).



Figur 6. Prosjektfasene som skal vurderes i ZEN definisjonen.

Bærekraft er en tilstand hvor dagens behov tilfredsstilles på et globalt nivå uten å ødelegge fremtidige generasjoners muligheter til å tilfredsstille sine behov, inkludert miljømessige, sosiale og økonomiske aspekter. Definisjonen er tilpasset fra ISO 37100 (35) og spesifisert i FNs 17 bærekraftsmål (Sustainable Development Goals, SDG) og tilhørende 169 indikatorer (36). Av disse 17 bærekraftsmålene kan ZEN-senteret spesielt kobles til:

- SDG 3: Sikre god helse og fremme livskvalitet for alle, uansett alder
- SDG 7: Sikre tilgang til pålitelig, bærekraftig og moderne energi til en overkommelig pris for alle
- SDG 8: Fremme varig, inkluderende og bærekraftig økonomisk vekst, full sysselsetting og anstendig arbeid for alle
- SDG 9: Bygge solid infrastruktur, fremme inkluderende og bærekraftig industrialisering og bidra til innovasjon
- SDG 11: Gjøre byer og bosettinger inkluderende, trygge, motstandsdyktige og bærekraftige
- SDG 12: Sikre bærekraftig forbruks- og produksjonsmønstre
- SDG 13: Handle umiddelbart for å bekjempe klimaendringene og konsekvensene av dem
- SDG 15: Beskytte, gjenopprette og fremme bærekraftig bruk av økosystemer, sikre bærekraftig skogforvaltning, bekjempe ørkenspredning, stanse og reversere landforringelse samt stanse tap av arts mangfold
- SDG 17: Styrke gjennomføringsmidlene og fornye globale partnerskap for bærekraftig utvikling



Figur 7. FNs bærekraftsmål relevant for ZEN senteret (36).

ZEN Definisjon Kategorier

Klimagassutslipp (KGU) refererer til utslipp av klimagasser (*greenhouse gases, GHG*) målt i kg CO₂-ekvivalenter beregnet i et livsløpsperspektiv basert på NS 3720 (30). Direkte utslipp av klimagasser er utslipp hvor vår aktivitet også er kilden til utslippene. Indirekte utslipp er utslipp hvor vår aktivitet forårsaker utslipp et annet sted i verdikjeden (37). Hvis aktiviteten vår er å kjøre bil, så er de direkte

utslippene det som kommer ut av eksosrøret, mens de indirekte utslippene kommer fra oljeutvinning, oljetransport, raffinering av olje til drivstoff, transport til bensinstasjon, og så videre. Vi har også indirekte utslipp fra å produsere, bruke og avhende bilen.

Energi (ENE) er i fysikken definert som evne til å utføre arbeid, eller hvor mye arbeid som utføres over en tidsperiode. Matematisk er energi integralet av effekt over tid. I forhold til et energisystem (for eksempel strøm eller varme), er energi nettbelastningen over tid og måles i [kWh].

Effekt (EFF) er i fysikken definert som energiens momentanverdi, eller arbeid utført per tidsenhet. Matematisk er effekt tidsderivert av energi. I et energisystem er effekt (f.eks. elektrisk effekt eller varmeeffekt) nettbelastningen målt i [kW]. Effekt brukes også om gjennomsnittsverdien for energi per time (timeseffekt), og måles da i [kWh/h].

Mobilitet (MOB) er i denne sammenhengen beboere og andre brukeres daglige transportmønster innenfor og til/fra området. Gods- og nyttetransport i tilknytning til området inngår også.

Økonomi (ØKO) er i denne sammenhengen økonomisk bærekraft. Økonomisk bærekraft vil være viktig når flere ZEN området kommer på markedet, hvor byggherrer og investorer må utvikle en forretningssak for en samling av bygninger med tilhørende infrastruktur i et nullutslippsnabolag, som vil kunne føre til høyere kapitalkostnader med investeringer i energisystemer, energilagring og innovative materialer. Økonomisk bærekraft er vurdert i henhold til livssyklus-kostnader (*life cycle cost, LCC*) for bygninger, energi og annen infrastruktur innenfor området. I andre ord kapitalkostnadene og driftskostnadene over livsløpet av et område er vurdert.

Stedskvaliteter (KVA) referer i denne sammenheng til hvordan stedskvaliteter, arealbruksmønstre og formen på bygninger og offentlige rom kan forbedre attraktiviteten til et nabolag. Det referer også til prosessen, dialogen og bruken av lokal kunnskap i planlegging og design.

Innovasjon (INN) er i ZEN-senteret definert som nytt eller forbedrede produkter, tjenester, prosesser, organisasjonsformer og forretningsmodeller som brukes til å oppnå verdiskaping eller nytteverdi for samfunnet. ZEN innovasjonsstrategien identifiseres tre pilarer:

1. Åpen innovasjon
2. Testing og demonstrasjon for raskere kommersialisering
3. Fremheve milepæler og suksesshistorier (kommunikasjon)

Systemgrenser

ZEN-senteret benytter tverrfaglig kunnskap og erfaringer fra et bredt spekter av fagområder, og fra personer med ulik faglig bakgrunn. Det er derfor viktig å sikre at vi alle har en felles forståelse av systemgrenser. Det ble først gjort en vurdering for å se om de samme systemgrensene kunne benyttes i alle ZEN-pilotområdene, på tvers av alle KPIer og kriterier og felles for bygninger, energi og annen infrastruktur. Det ble imidlertid fort klart at hver ZEN-kategori (klimagassutslipp, energi, effekt, mobilitet, økonomi, stedskvaliteter og innovasjon) allerede har etablerte systemgrenser og metodikker med ulikt omfang. De ulike systemgrensene er utformet basert på metodologiske forutsetninger innen hvert fagfelt. For eksempel er påvirkningen fra materialene i eksisterende bygninger ikke inkludert i systemgrensen for klimagassutslipp for et bygg, siden dette regnes som en del av bygningens forrige livsløp. Men klimagassutslippene fra all energi- og materialbruk som brukes til renovering av

bygningen er innenfor systemgrensene. Dette regnes som begynnelsen av et nytt livsløp for bygningen. Det er sannsynlig at klimagassutslippene fra energi- og materialer brukt til renovering vil være lavere enn klimagassutslippene fra et nybygg, siden deler av bygningskroppen kan gjenbrukes. Konsekvensen av metodevalg for klimagassutslipp er at systemgrensene for klimagassutslipp fremmer reduksjon, ombruk, reparasjon, rehabilitering, og resirkulering, altså en sirkulær økonomi. På den annen side så vil det være galt å utelukke energibehovet i eksisterende bygninger fra systemgrensen for energi siden eksisterende bygninger typisk har høyere energibehov enn nye bygninger. Derfor anerkjenner ZEN-definisjonen at systemgrenser kan variere på tvers av ZEN-kategoriene og på tvers av ZEN-pilotområdene, og at systemgrensene kan variere avhengig av hvilket datagrunnlag som kreves for å utarbeide nøkkelindikatorer (KPI). I denne rapporten definerer vi følgende terminologi som en del av ZEN-systemgrensene:

Område: Et utvalg sammenkoblede bygninger med tilhørende infrastruktur, innenfor et avgrenset geografisk område med en veldefinert fysisk grense. Bygningene kan være av forskjellig type, f.eks. ny/gammel/oppgradert eller en kombinasjon. Infrastruktur omfatter nett og teknologi for forsyning, produksjon, lagring og eksport av elektrisitet og varme, og kan også omfatte nett og teknologi for vann, avløp, avfall, mobilitet og IKT. Området har en veldefinert fysisk grense mellom intern og ekstern infrastruktur. Merk at systemgrensene for energisystemer ikke nødvendigvis er de samme som for det geografiske området. Systemgrensene er kontekstavhengige og kan derfor variere fra en ZEN-pilot til en annen.

Systemgrense for bygningsvurdering: Denne definerer hvilke bygningselementer som skal inngå i systembeskrivelsen for ZEN-pilotområdet. Hvilke bygningselementer som skal tas med kan variere avhengig av hvilken ZEN-kategori vi ser på, om det er klimagassutslipp, energi, effekt, mobilitet, økonomi, stedskvaliteter eller innovasjon. Ytterligere informasjon om systemgrensene for bygningsvurdering finnes i (11,12), i kapitlene om klimagassutslipp, energi, effekt, økonomi, mobilitet og stedskvaliteter.

Systemgrense for områdevurdering: Denne definerer hvilke deler av området som skal inngå i systembeskrivelsen for ZEN-pilotområdet. Hvilke deler av området som skal tas med kan variere avhengig av hvilken ZEN-kategori vi ser på, om det er klimagassutslipp, energi, effekt, mobilitet, økonomi, stedskvaliteter eller innovasjon. Ytterligere informasjon om systemgrensene for området finnes i (11,12), i kapitlene om klimagassutslipp, energi, effekt, økonomi, mobilitet og stedskvaliteter.

Systemgrense for livsløpsvurdering: Denne er basert på livsløpsvurdering (*life cycle assessment, LCA*) og er relevant for beregning av klimagassutslipp. Den er typisk bare referert til som 'systemgrensen'. Systemgrense for livsløpsvurdering definerer hva som er inkludert og hva som er ekskludert fra klimagassberegningene, og beskriver også omfanget av livsløpsvurderingen (tilpasset fra definisjonen i *EN 15643* (38)). Hvilke livsløpsfaser som er inkludert i systemet kan defineres i henhold til modularitetsprinsippet i *NS 3720* (30), mens hvilke fysiske bygningsdeler som er inkludert i systemet kan defineres i henhold til *NS 3451* (39) (bygningdeltabellen). I ZEN-senteret skal hele livsløpet være med, fra utvinning av råmaterialer, tilvirkning av produkt, transport, installasjon, bruk, vedlikehold, reparasjon, utskifting, energibruk i drift, transport i drift, demontering, avfallsbehandling, samt gjenbruk og gjenvinning i en sirkulær økonomi samt modul D, fordeler og konsekvenser.

4 ZEN-vurderingskriterier og nøkkelindikatorer

Utvalget av vurderingskriterier og nøkkelindikatorer (KPI), som vist i , er utviklet basert på tidligere prosjekt, eksisterende vurderingsmetoder (som ZEB-senteret, PI-SEC, SSC, PEB, BREEAM Communities og CITYkeys), samt innspill fra forskere og partnere i ZEN gjennom en rekke diskusjoner og workshops. Kriteriene og KPIene ble identifisert og definert av eksperter innenfor hver kategori. Kriteriene og KPIene benytter eksisterende retningslinjer, rammeverk, standarder og referanser som fagfolk innenfor hvert av feltene allerede er kjent med. Kriteriene og KPIene vil bli brukt til å måle, forstå og validere framdrift og prestasjon i ZEN-pilotområdene, og kan også brukes utenfor ZEN-senteret til å kvantifisere og vurdere prestasjonen for andre områder. Kriteriene og KPIene er gruppert i seks kategorier: klimagassutslipp (KGU), energi (ENE), effekt (EFF), mobilitet (MOB), økonomi (ØKO) og stedskvaliteter (KVA). Hver kategori har 1-3 vurderingskriterier og for hver av disse er det et sett nøkkelindikatorer (KPIer). Ikke alle KPIene kan måles i alle faser av et prosjekt (strategisk planleggingsfasen, implementeringsfasen, og bruksfasen), derfor inneholder Tabell 2 en oversikt over prosjektfasene som kriteriene og KPIene kan benyttes i.

Gjennom en rekke ZEN-workshops har ZEN-partnerne lagt vekt på hvor viktig det er å ha klart definerte systemgrenser, og de har identifisert behov for både en 'systemgrense for bygningsvurdering' og en 'systemgrense for områdevurdering'. Disse systemgrensene kan benyttes på tvers av ZEN-kategoriene og tilhørende vurderingskriterier og nøkkelindikatorer, og de kan variere avhengig av behov og krav i de ulike ZEN-kategoriene. På grunn av dette vil det for hvert kriterium og hver nøkkelindikator opplyses om den er relevant på et bygningsnivå (*building, B*), på et områdenivå (*neighbourhood, N*) eller begge deler (*BN*).

I denne ZEN-definisjonsrapporten er vurderingskriterier og nøkkelindikatorer vist i Tabell 2. Når kravene for hvordan å beregne KPI'ene er satt er det brukt metodisk og organisatorisk modenhet ved å sette enten (i rekkefølge etter hierarki):

1. Ytelsesmål f.eks. $\text{kgCO}_{2\text{eq}}/\text{m}^2/\text{yr}$
2. Reduksjonsmål f.eks. %
3. Informasjonsmål f.eks. bruk av EPD'er
4. Beskrivende mål f.eks. må bruke bæresystem i tre eller solceller

Hvordan kriteriene og nøkkelindikatorerne skal måles og tallfestes i ZEN-pilotprosjektene er ytterligere forklart i rapporten 'ZEN guideline for the ZEN pilot areas. Version 1.0' report (11) og Version 2.0 (12).

Tabell 2. ZEN-vurderingskriterier og nøkkelindikatorer (KPI)

Kategori	Vurderingskriterier	Nøkkelindikatorer (KPI)	Enhet	Bygningsnivå (B), områdenivå (N) eller begge deler (BN)	Standarder og referanser	Strategisk planleggingsfase	Implementeringsfase	Driftsfase
KGU	Utslippsreduksjon	KGU1.1 Material (A1-A3, B4)	tCO _{2e}	BN	NS 3720 (30), NS 3457-3 (40), NS 3451 (39), NS-EN 15804 (41) NS-EN 15978 (42) NS-EN 16258 (43) NS-EN 16449 (44)	x	x	x
		KGU1.2 Byggefase (A4-A5)	kgCO _{2e} /m ² brutto areal (BTA)/år	BN		x	x	x
		KGU1.3 Bruk (B1-B3, B5)	kgCO _{2e} /m ² tomteareal (TA)/år	BN		x	x	x
		KGU1.4 Energibruk i drift (B6)	tCO _{2e}	BN		x	x	x
		KGU1.5 Transport i drift (B8)	kgCO _{2e} /bruker	N		x	x	x
		KGU1.6 Sluttfasen (C1-C4)	tCO _{2e}	BN		x	x	x
	Kompensasjon	KGU1.7 Fordeler og konsekvenser (D)	kgCO _{2e} /m ² brutto areal (BTA)/år kgCO _{2e} /m ² tomteareal (TA)/år	BN		x	x	x
ENE	Energieffektivitet i bygninger	ENE2.1 Energibehov i bygg	kWh/m ² oppvarmet areal (BRA)/år	B	SN-NSPEK 3031 (45), ISO 52000 (46)	x	x	
	Energibærer	ENE2.2 Levert energi	kWh/ m ² år	N	SN-NSPEK 3031:2021(45), ISO 52000 (46), IEA EBC Annex 52 Task 40 (47), IEA EBC Annex 67 (48,49)	x	x	x
		ENE2.3 Egenforbruk av lokal fornybar energiproduksjon	%	N	x	x	x	
EFF	Effektytelse	EFF3.1 Maksimal last	kWh/h	N		x	x	x
		EFF3.2 Maksimal eksport	kWh/h	N		x	x	x

Kategori	Vurderingskriterier	Nøkkelindikatorer (KPI)	Enhet	Bygningsnivå (B), områdenivå (N) eller begge deler (BN)	Standarder og referanser	Strategisk planleggingsfase	Implementeringsfase	Driftsfase
	Lastfleksibilitet	EFF3.3 Lastfleksibilitetsindikatorer	kWh/h	N	IEA EBC Annex 52 Task 40 (47), IEA EBC Annex 67 (48,49)	x	x	x
MOB*	Tilgang	MOB4.1 Tilgang til kollektivtransport	meter, frekvens, antall ledd	N	NRVU (50), Grunnlagsdata i transportmodeller (51), nasjonale og regionale reiseplanleggere	x	x	x
		MOB4.2 Reisetidsforhold	Tid	N		x	x	x
		MOB4.3 Parkeringstilbud	Antall plasser Parkeringskostnad	BN		x	x	x
		MOB4.4 Bilhold	Antall biler/husstand	BN		x	x	x
	Reisevaner	MOB4.5 Mobilitetsmønster	Antall turer/person fordelt på reisemåte % andel	N		x	x	x
		MOB4.6 Transportarbeid	Pkm/år Kjkm/år fordelt på energibærer	N		x	x	x
	Logistikk	MOB4.7 Vare- og nyttetransport		N		x	x	x
KVA*	Prosess	INN5.1 Demografisk analyse	Kvantitativ/Kvalitativt	BN	BREEAM Communities (9), City Keys (10), DGNB	x	x	
		INN5.2 Interessentanalyse	Kvantitativ/Kvalitativt	N		x	x	

Kategori	Vurderingskriterier	Nøkkelindikatorer (KPI)	Enhet	Bygningsnivå (B), områdenivå (N) eller begge deler (BN)	Standarder og referanser	Strategisk planleggingsfase	Implementeringsfase	Driftsfase
		INN5.3 Behovsanalyse	Kvantitativ/Kvalitativt	N		x	x	
		INN5.4 Konsultasjonsplan	Kvalitativt	N		x	x	
	Byform	KVA5.5 Urban tilgjengelighet	Antall kategorier	N	IPCC (52), UN Habitat (53)	x		
		KVA5.6 Gatetilkobling	Antall gater med gode koblinger			x		
		KVA5.7 Arealbruksmiks	Antall innbyggere			x		
		KVA5.8 Grønne arealer	Andel land			x		
ØKO*	Livsløpskostnader (LCC)	ØKO6.1 Kapitalkostnader	NOK/m ²	BN	NS 3454 (54), Norsk prisbok (55)	x	x	
		ØKO6.2 Driftskostnader	NOK/m ² /år	BN			x	x
	Kost nytte	ØKO6.3 Overordnet ytelse	NOK/CO ₂ e	BN		x	x	x

*Disse kategoriene vil bli videre utviklet i 2022-2023.

ZEN-definisjonen har flere dimensjoner som er metodologisk uforenelige. Det er derfor nødvendig med flermålsanalyse (*multi-criteria decision analysis, MCDA*) for å kunne vurdere kriteriene og nøkkelindikatorerne (KPIene) ut fra en samlet prestasjon. Dette gjør at flere ulike dimensjoner kan vurderes mot hverandre.

I likhet med all annen bruk av vurderingskriterier og nøkkelindikatorer må brukerne alltid vurdere aktuelle indikatorer opp mot datatilgjengelighet og -pålitelighet, harmonisering med eksisterende måle- og evalueringmetoder (i Norge og Europa), relevans i forhold til eksisterende målsettinger på bynivå, samt hvor anvendelig kriteriene er og om indikatorerne er tilpasset til prosjektnivået (f.eks. bygning, kvartal, område og by). Slike tilpasninger skal for pilotområdene harmoniseres med ZEN-definisjonen, målesystem, datahåndtering og datavisualisering i arbeidspakke 1 (WP1) og vis-a-vis partnerne i ZEN-pilotområdene i arbeidspakke 6 (WP6). Utprøving av visualisering vil gjøres i de første rapportene fra arbeidet med datahåndtering (33) og datavisualisering. Dette vil bli videreutviklet og tilbakekoblet i den videre utviklingen av ZEN-definisjonen. Ytterligere informasjon om bruken av kriteriene og nøkkelindikatorerne finnes i (11,12), mens ytterligere informasjon om overvåking og sporing av kriterier og nøkkelindikatorer finnes i (33).

4.1 Klimagassutslipp (KGU)

ZEN-senterets hovedformål er å redusere områdets direkte og indirekte **klimagassutslipp mot netto null** i løpet av analyseperioden. For å nå målet må planlegging, design og drift av bygninger og tilhørende infrastruktur gjøres med tanke på å minimere klimagassutslippene fra hele livsløpet, fra utvinning av råmaterialer, tilvirkning av produkt, transport, installasjon, bruk, vedlikehold, reparasjon, utskifting, energibruk i drift, transport i drift, demontering, avfallsbehandling, samt gjenbruk og gjenvinning i en sirkulær økonomi samt modul D fordeler og konsekvenser (se Figur 8).

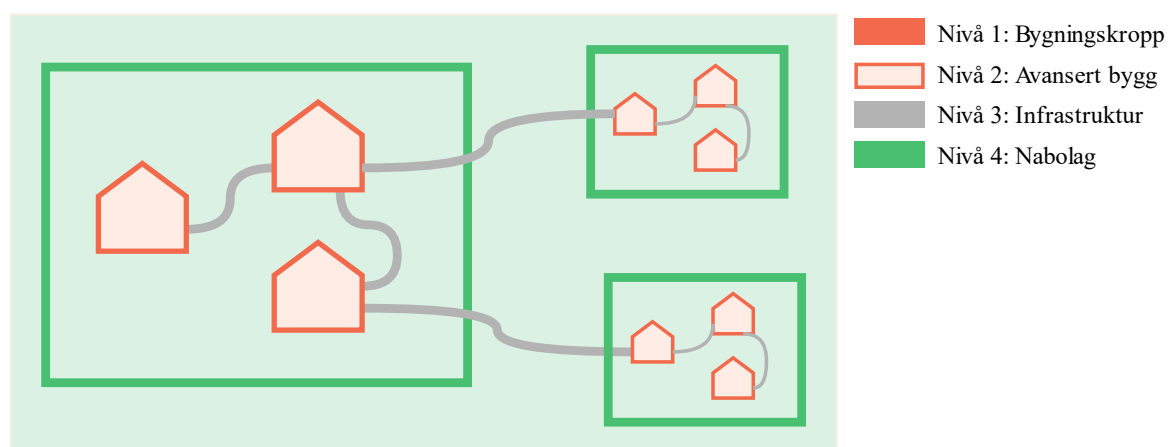
I ZEN-workshopene ble det innledningsvis foreslått å bruke en metode med et ovenfra-og-ned-perspektiv (*top down*), som Global Protocol for Community-Scale GHG Emission Inventories Report (56), men denne metodiske tilnærmingen ble ansett som uegnet i planleggings- og designfasen for områder av to grunner. For det første er denne tilnærmingen ikke forenelig med en modulær og livsløpsbasert metode. For det andre er det i datagrunnlaget (for eksempel miljødeklarasjoner) vanskelig å skille mellom direkte og indirekte utslipp, som er en forutsetning for å kunne rapportere klimagassutslipp etter scope 1, 2 og 3 i henhold til (56)

Nøkkelindikatorerne (KPI) er derfor basert på eksisterende standarder og metoder som benyttes i bygg- og anleggsbransjen, for eksempel *NS 3720 Klimagassberegninger for bygg* (30) og *NS 3451: 2009: Bygningsdeltabell* (39). Merk at LCA-metoden i ZEN-senteret inkluderer livsløpsmodulen B8 fra *NS 3720* for transport i driftsfasen. Disse standardene og metodene vil bli anvendt og tilpasset til både et bygnings- og et områdeperspektiv i fremtidige utgaver av ZEN-definisjonen, ZEN-retningslinjene (11,12) og LCA-rapporter fra ZEN-senteret (57).

A1-3 Produktstadiet			A4-5 Gjennomføringsstadiet		B1-7 Bruksstadiet						C1-4 Livsløpets sluttstadiet				D		
A1: Råvarer	A2: Transport	A3: Produksjon	A4: Transport	A5: Anlegg-, bygge- og monteringsarbeid	B1: Bruk	B2: Vedlikehold	B3: Reparasjon	B4: Utskiftning	B5: Ombygging	B6: Energibruk i drift	B7: Vannforbruk i drift	B8: Transport i drift	C1: Riving	C2: Transport	C3: Avfallsbehandling	C4: Avhending	D: Material- og energigjenvinning og ombruk av materialer eksport av egenprodusert energi
KGU1.1			KGU1.2		KGU1.3			KGU1.1	ΣB2-B4	KGU1.4		KGU1.5	KGU1.6				KGU1.7
										ENE	MOB						ENE
										EFF							

Figur 8. En oversikt over KPI'ene for klimagassutslipp per livssyklusmodul for bygg og infrastruktur tilpasset fra NS3720. Resultatene for Energi, Effekt og Mobilitet vil mates inn i KPI'ene KGU1.4, KGU1.5, KGU1.7 respektivt.

Alle KPI'ene for klimagassutslippskategorien er gruppert i to vurderingskriterier 'klimagassutslippsreduksjon' og 'klimagassutslippskompensasjon'. Dette er hovedstrategien for klimagasskategorien. Som vist i Figur 8 er KPI'ene for klimagassreduksjon KGU1.1 Materialer (A1-A3, B4), KGU1.2 Byggefasen (A4-A5), KGU1.3 Bruk (B1-B3, B5), KGU1.4 Energibruk i drift (B6), KGU1.5 Transport i drift (B8), KGU1.6 Sluttfasen (C1-C4). KPI'en for klimagasskompensasjon er KGU1.7 Fordeler og konsekvenser (D).



Figur 9. De fire vurderingsnivåene for klimagassutslippskategorien i ZEN definisjonen.

Klimagassutslipp skal beregnes på fire ulike nivå: (1) bygningskropp, (2) avansert bygg, (3) infrastruktur og (4) nabolag (se Figur 9). Tabell 3 viser hvilke bygningsdeler som er inkludert for hvert nivå, og hvordan det tilsvarer NS 3720 nivå, samt hvilke rapporteringsenheter som skal brukes. Det første ZEN nivået, bygningskroppen tilsvarer NS 3720 basis nivå og inkluderer bygningsdeler 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29 og 49 fra NS 3451 Bygningsdeltabellen (39). Bygningsdel 49 inkluderer materialer brukt til lokal energiproduksjon som for eksempel solceller eller varmepumper. NS 3720 avansert er delt i to: avansert bygg og infrastruktur (Tabell 3). På ZEN avansert bygg nivå, skal bygningsdeler 21-69 inkluderes som omfatter bygningskroppen og tekniske systemer. ZEN infrastrukturnivå inkluderer bygningsdeler 71-79. ZEN nabolagsnivå består av tre nivå, og inkluderer bygningsdeler 21-79. Hvert vurderingsnivå tilsvarer en rapporteringsenhet i Tabell 3. Ved rapportering av nøkkelindikatorer bør funksjonell enhet rapporteres i henhold til definisjonen av et nabolag, definert som en samling

bygninger med tilhørende infrastruktur, lokalisert innenfor et avgrenset geografisk område (se kapittel 3.1). I tillegg er det et sett med rapporteringsenheter (se Tabell 3).

Det bør noteres at nabolagsnivået også inkludere klimagassutslipp knyttet til livsløpsmodul B8: transport i driftsfasen (dvs. brukermobilitet i nabolaget og til/fra nabolaget) som en separat rapporteringsenhet (tCO₂e/bruker/år). Det vil vurderes om også flere av GHG indikatorene skal benytte seg av en rapporteringsenhet per bruker. De fire ZEN GHG vurderingsnivåene og tilsvarende NS 3720 nivå vises i Tabell 3. Klimagassutslipp fra arealbruksendringer er tatt med i vurderingsmetodikken under basis eller avansert med lokalisering. Referansestudieperioden er 60 år. Estimerte levetider på bygninger og nabolag er 60 år. Estimert levetid på infrastruktur er 100 år.

Tabell 3. Vurderingsnivå i ZEN klimagassutslippskategorien og NS 3720, relaterte bygningsdeler og rapporteringsenheter.

NS 3720 vurderingsnivå	ZEN klimagassutslippskategori vurderingsnivå	Inkludert bygningsdeler (definert i NS 3451)	Rapporteringsenhet
Basis, uten lokalisering	(1) Bygningskroppen	21-29 + 49	kgCO ₂ e/m ² _{BTA} /år
Avansert, uten lokalisering	(2) Avansert bygg	21-69	kgCO ₂ e/m ² _{BTA} /år
	(3) Infrastruktur	71-79	kgCO ₂ e/m ² _{TA} /år
Basis eller Avansert, med lokalisering	(4) Nabolag	21-79	tCO ₂ e
	B8: Transport i drift		kgCO ₂ e/bruker/år

* BTA – bruttoareal, TA - tomteareal

Bygningene innenfor et nabolag er kategorisert i henhold til 'NS 3457-3: 2013 Klassifikasjon av byggverk. Del 3: Bygningstyper' som inkluderer blant annet bygningstyper som leiligheter, skoler og sykehjem (40). Beregningene av klimagassutslipp skal følge modularitetsprinsippene i NS 3720 (30). Nøkkellindikatorer skal spore og rapportere klimagassutslippene gjennom de tre prosjektfasene (strategisk planleggingsfase, implementeringsfase og driftsfasen). Siden hele livsløpet til et ZEN pilotområde skal inkluderes bør biogent karbon fra tre og trebaserte produkter beregnes i henhold til NS-EN 16449 (44) og NS-EN 16485 (58). Tilsvarende må karbonatisering av betong beregnes i henhold til NS-EN 16757 (59).

En rapporteringstabell for klimagassutslipp finnes i rapporten 'ZEN guideline for the ZEN pilot areas. Versjon 1.0' report (11) og Versjon 2.0 (12). LCA rapporten for nabolag bør inkludere informasjon om bygnings- og infrastrukturtyper, bygningsareal, antall brukere, referanseperiode, systemgrenser, scenariobeskrivelse, materialmengder, kilde for utslippsdata, resultater per bygg og infrastruktur for hver livssyklusmodul og bygningsdel. Relevante referanseverdier kan bli funnet i rapporten (60).

KGU1.1 Materialer (A1-A3, B4)

Formålet med denne KPI'en er å minimere totalt bundet klimagassutslipp gjennom hele levetiden til nabolaget ned mot null, gjennom å ha fokus på materialbruk over en referanseperiode på 60 år. Målet er å redusere bundet klimagassutslipp fra produksjon og utskiftingsfasene til materialene (livssyklusmodulene A1-A3 og B4) for bygninger og infrastruktur i nabolaget.

KGU1.2 Byggefasen (A4-A5)

Målet er å redusere ressursbruken og klimagassutslippene fra transport til og fra byggeplassen og anleggs-, bygge-, og monteringsarbeider (livssyklusmodul A4-A5). Systemgrensene for byggeplassaktivitetene skal defineres i henhold til *NS 3720*. Dermed vil byggeplassaktivitetene inkludere transport av materialer, masser og utstyr til og fra byggeplass, mobile og stasjonære anleggsmaskiner, energibruk til oppvarming, kjøling, tørking, lys på byggeplass og transport og behandling av avfall som er produsert på byggeplass (se figur 9 i (12)).

KGU1.3 Bruk (B1-B3, B5)

Klimagassutslipp fra bruk av bygninger og infrastruktur (B1-B3 og B5) er direkte klimagassutslipp frigjort av, eller lagret i bygningselementer (B1; f.eks. karbonatisering av betong), vedlikehold (B2; f.eks. renhold, bytting av filtre), reparasjon (B3, f.eks. reparere knust glassrute) og renovering (B5 f.eks. renovering av kjøkken, bad eller fasade).

KGU1.4 Energibruk i drift (B6)

En forutsetning for KGU1.4 KPIen er at KPIene ENE2.1 Energibehov i bygg og ENE2.2 Levert og eksportert energi er beregnet. KGU1.4 KPIen er brukt for å beregne klimagassutslippene fra energibruk i driftsfasen gitt forskjellige energibærere. Beregningen for denne KPIen bør gjennomføres i henhold til *NS 3720* for livssyklusmodulen B6. Klimagassutslippene fra eksportert energi ut av byggets systemgrenser skal rapporteres separat under KGU1.7 (Fordeler og konsekvenser, modul D). Scenarier for klimagassutslipp ved bruk av forskjellige energibærere skal gjennomføres i henhold til *NS 3720* scenario én der det benyttes norsk elektrisitetsmiks og scenario to der det benyttes europeisk elektrisitetsmiks.

Metodikken i *NS 3720* og *NS-EN 16258* skal brukes i klimagassberegninger i ZEN, dette inkluderer utslippsfaktorer for energi for ulike energibærere gitt i Tabell 4. Slik vil det være fram til ZEN utvikler egne utslippsfaktorer i arbeidspakke 4 (AP4). Når det gjelder fjernvarme- og kjøling, kan en prosjektspesifikk utslippsfaktor utvikles basert på andel ulike energibærere for et spesifikt selskap eller region ved bruk av fjernkontrollen (61) (Fjernkontrollen er en nettside utviklet av Norsk Fjernvarme som gir en oversikt over energimiksen til fjernvarmeanleggene i Norge) og utslippsfaktorene gitt under. Alternativt, kan en nasjonal utslippsfaktor for fjernvarme utvikles basert på samme modelleringsprinsipp beskrevet over.

Tabell 4. Utslippsfaktorer for energi for ulike energibærere

Energibærere	NS 3720 (gCO ₂ e/kWt)
Elektrisitet	Scenario 1 NO: 18 Scenario 2 EU28+NO: 136
Vannkraft	2-20
Vindkraft	3-41
Kullkraft	660-1300
Naturgass	380-1000
Solenergi (PV)	13-190
Biovarme	8,5-130
Kjernerkeft	3-35
Varmekraft fra naturgass med CCS	Ca. 100
Varmekraft i Norge	450
Varmekraft i EU	800

KGU1.5 Transport i drift (B8)

En forutsetning for KGU1.5 er at KPI'en i mobilitetskategorien MOB4.5 og MOB4.6 er beregnet. KPI'ene for mobilitet er brukt for å beregne klimagassutslipp fra å konvertere til fossilfri og utslippsfri transportteknologier og å beregne et skifte i transportmåte mot mer aktiv transport (f.eks., gående, sykling) i nabolaget. Metodikken i NS 3720 og NS-EN 16258 skal brukes i klimagassberegninger i ZEN, dette inkluderer brønn-til-hjul utslippsfaktorer for transport for ulike energibærere gitt i Tabell 5.

Tabell 5. Brønn-til-hjul utslippsfaktorer for transport for ulike energibærere

Energibærere	NS-EN 16258 og NS 3720 (gCO ₂ e/kWt)
Diesel	251
Bensin	248
Marine gassolje	253
Bioetanol	161
Biodiesel	163
Tungolje	234
Naturgass (LNG)	380-1000
LPG (propan og butan)	209
Elektrisitet	Scenario 1 NO: 18 Scenario 2 EU28+NO: 136

KGU1.6 Sluttfasen (C1-C4)

Formålet med denne KPI'en er å øke resurseffektiviteten og spare klimagassutslipp ved å bevare eksisterende komponenter og materialer. KGU1.6 inkluderer utslipp fra riving, avfallsbehandling og avhendingsaktiviteter. Utslippene fra disse aktivitetene er beregnet ved å bruke scenarioer for prosentandeler for ombruk, resirkulering, energigjenvinning og deponi. Klimagassutslipp fra biogent karbon som blir tatt opp i produksjonsfasen blir sluppet ut under C3-C4.

KGU1.7 Fordeler og konsekvenser (D)

Formålet med KGU1.7 er å øke resurseffektiviteten og redusere klimagassutslippene gjennom å innføre prinsipper for sirkulær økonomi. Denne KPI'en inkluderer konsekvenser ut over systemgrensene som ombruk, resirkulering og energigjenvinning etter avhendingsfasen er over og eksport av energibruk i drift som kommer fra produkt- og konstruksjonsstadiet (A1-A5), bruksstadiet (B1-B7) og livsløpets sluttstadium (C1-C4).

4.2 Energi (ENE)

Et av de viktigste målene for et nullutslippsområde er at det skal være energieffektivt, da den mest miljøvennlige energien er den som ikke brukes. Å redusere energibehovet og energibruken vil derfor være det første skrittet på veien mot å nå et **fossilfritt energisystem** (*decarbonised energy system*). Dette er en av EUs politiske målsettinger (8) og et hovedelement i SET-planen (Strategic Energy Technology Plan, SET-Plan) (62).

Et nullutslippsområde skal også forsynes av smarte og **fornybare energikilder**. I praksis betyr dette at utforming og drift av et ZEN-område må fokusere på å benytte fornybare energikilder, som opererer i samspill med det omkringliggende energisystemet. For å oppnå dette er det også nødvendig å vurdere løsninger for energilagring, effektstyring, digitalisering, smarte nett og systemoptimering.

Nøkkellindikatorerne for energi er utelukkende rettet mot energibruk i nabolagets driftsfase, og omfatter ikke bundet energi (*embodied energy*). Dette er skyldes at bundet energi er dekket av indikatorer i kategorien "Klimagassutslipp". Energi i driftsfasen skal modelleres og/eller estimeres i alle prosjektfaser. I driftsfasen skal nøkkellindikatorerne evalueres basert på direkte målinger, så langt dette er mulig. Energibruk og energiproduksjon i området skal beregnes/måles med timesoppløsning (eller mindre enn en time), og presenteres visuelt ved bruk av lastprofiler, lastvarighetskurver og fargekodede teppeplot.

Systemgrenser

Energi og effekt indikatorerne skal beregnes på enten systemgrensen for bygningsvurdering (B) eller områdevurdering (N). For energi så inkluderer dette følgende:

Systemgrense for bygningsvurdering (B) inkluderer energibruk i bygningene harmonisert med systemgrensene i SN-NSPEK 3031:2021 (45).

Systemgrense for områdevurdering (N) er en utvidelse av systemgrensen for bygningsvurdering, og inkluderer i tillegg energibruk til persontransport i byggene (trapper og heiser), dataservere, industrielle prosesser i byggene, utendørsbelysning, snøsmelting og ikke minst lading av elektriske kjøretøy. I tillegg inkluderes lokal energiproduksjon i nabolaget som ikke er koblet til et spesifikt bygg. Med andre ord omfatter denne systemgrensen alle energistrømmer i nabolaget.

ZEN-prosjekt og referanseprosjekt

I energi og effekt-kategoriene må indikatorerne beregnes både i piloten slik den er planlagt, og for pilotens referanseprosjekt (noen ganger referert til som referanseområde, referanseprosjekt eller referansecase). Referanseprosjektet skal representere business-as-usual caset for pilotområdet.

Et referanseprosjekt er et prosjekt som representerer piloten dersom den hadde blitt utviklet basert på dagens minimumsstandard (63) (eller relevant historisk minimumsstandard dersom piloten er et eksisterende område) i stedet for at den blir utviklet med mål om å redusere klimagassutslipp over områdets levetid. Formålet med referanseprosjektet er å gi et sammenligningsgrunnlag med referanseverdier for å kunne gjøre en vurdering av hvorvidt piloten har klart å redusere energibruken og forbedre utnyttelsen av energiinfrastrukturen, slik at piloten kommer nærmere ZEN-definisjonen. Et representativt referanseprosjekt skal tilpasses hver pilot, og skal ha like stort oppvarmet areal og like mange brukere som pilotområdet. I et nytt referanseprosjekt kan man anta at bygningene benytter direkte elektrisitet til oppvarming. For noen indikatorer kan det bli nødvendig å lage et referanseområde med fjernvarme i tillegg.

Vurderingskriterier

Indikatorerne i energikategorien er fordelt på to ulike vurderingskriterier, nemlig "Energieffektivitet i bygg" og "Energibærere".

Energieffektivitet i bygg: Dette vurderingskriteriet ser på energibehovet til bygningene i området, innenfor systemgrensen for bygningsvurdering. Indikatoren er spesielt nyttig for bygninger i planleggingsfasen, og måles ikke i driftsfasen for nabolag.

Energibærere: Vurderingskriteriet ser på energibruk, energiproduksjon og energiflyt til og fra nabolaget innenfor systemgrensen for områdevurdering. KPIene innen dette vurderingskriteriet er målbare i driftsfasen, og har fokus på energiflyt for energibærere fremfor energiformål.

ENE2.1 Energibehov i bygg (Energieffektivitet i bygninger)

ENE2.1 ser på totalt simulert energibehov i alle bygningene i pilotområdet, og beregnes som kWh/m² oppvarmet gulvareal (oppvarmet BRA) per år (kWh/m²/yr) i ZEN-prosjektet og referanseprosjektet.

Energibehov i bygg er en indikator som må beregnes ettersom den beskriver energibehovet i bygningskroppene når tapet i bygningenes oppvarmingssystem ikke tas hensyn til. Energibehovet beregnes innenfor *systemgrensen for bygningsvurdering*, som må harmoniseres mellom ISO 52000 (46) og SN-NSPEK 3031 (45) er typisk fordelt på ulike energiformål som varme, kjøling, ventilasjon, varmtvann, lys og kan inkludere teknisk utstyr. Ved beregning av ENE2.1 skal bygningene i et område deles inn i ulike bygningskategorier i henhold til *NS 3457-3* (40) og SN-NSPEK 3031 (45). Energibehov i bygninger er beregnet som årsverdier, og beregnes ikke for bruksfasen til nabolag. Indikatoren omfatter ikke lokal energiproduksjon, og ser kun på det *beregnete energibehovet* til bygningene i området. Formålet med ENE2.1 er å redusere energibehovet i byggene så mye som mulig, og ha en %-vis reduksjon i energibehov i ZEN-prosjektet sammenlignet med referanseprosjektet.

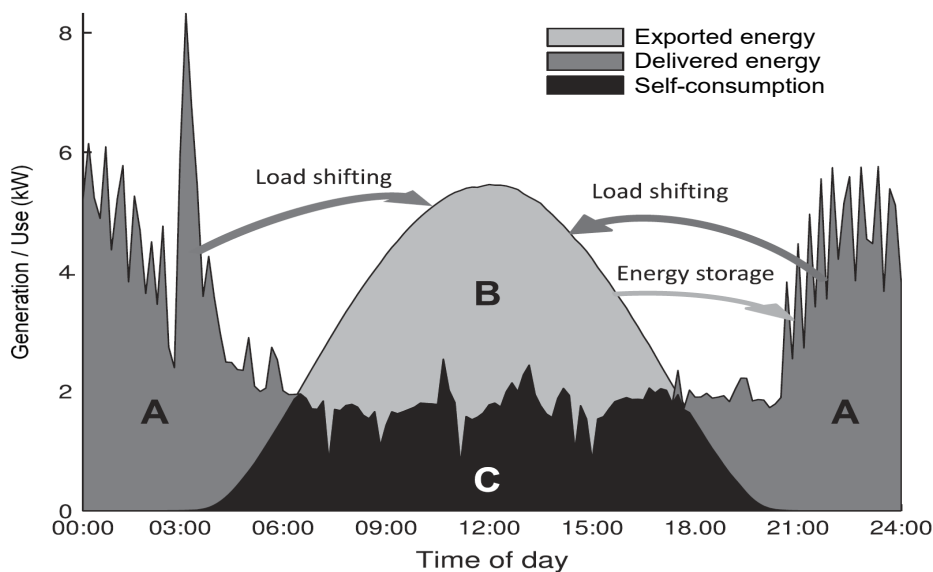
ENE2.2 Levert energi (Energibærere)

ENE2.2 ser på levert energi for alle energibærere (individuell) til området innenfor systemgrensen for områdevurdering. Levert (evt. importert) energi beregnes ved å se på forskjellen mellom energibruk og energiproduksjon av hver energivare for hver time (eller mindre) gjennom et helt år. Ettersom ENE2.2 referer til *årlig* levert energi av hver energibærer kan den rapporteres i tabellformat. Formålet med ENE2.2 er å redusere levert energi (og de medfølgende klimagassutslippene knyttet til energibruk) i driftsfasen.

ENE2.3 Egenforbruk av lokal fornybar energiproduksjon (Energibærere)

'Egenforbruk' er en indikator som forteller oss hvor stor andel av elektrisiteten som produseres i området som benyttes direkte i området (som ikke må eksporteres til energinettet). Egenforbruket ses ofte i sammenheng med faktoren for egenproduksjon som forteller oss hvor stor andel av energibruken i området som dekkes av egenprodusert energi. Formålet med ENE2.3 er å øke egenforbruket av elektrisitet i området.

I nåværende versjon av ZEN definisjonen beregnes ENE2.3 kun for elektrisitet. Egenforbruk og egenproduksjon er nøkkelindikatorer som sier noe om i hvor stor grad lokal energiproduksjon og energibruk i området stemmer overens. Dette forklares best gjennom en illustrasjon av elektrisitetsbruk og strømbruk i et bygg med solcellepaneler (PV) gjennom et døgn, som vist i Figur 10 (64). Områdene A viser importert elektrisitet, mens B viser eksportert elektrisitet. Området C er området der egenprodusert elektrisitet dekker elektrisitetsbehovet i bygningen.



Figur 10. En beskrivelse av daglig elektrisitetsbruk (A+C) og energiproduksjon (B+C) i et bygg med elektrisk oppvarming og solcellepaneler. Figuren illustrerer også fleksibilitetsmuligheter for å flytte laster og lagre elektrisitet for å øke egenforbruket. Kilde basert på (65).

I dette eksempelet (vist i figuren) er det daglige egenforbruket tilsvarende den egenkonsumerte delen sammenlignet med den totale produksjonen (område B+C), mens egenproduksjon tilsvarende den egenkonsumerte delen delt på total energibruk (A+C). For eksempel,

$$\text{Egenforbruk (self-consumption)} = \frac{\text{lokal energiproduksjon som benyttes i bygget}}{\text{total lokal energiproduksjon}} = \frac{C}{B + C} \quad [1]$$

$$\text{Egenproduksjon (self-generation)} = \frac{\text{energibruk som dekkes av lokal energiproduksjon}}{\text{total energibruk}} = \frac{C}{A + C} \quad [2]$$

I ENE2.3 må egenforbruket beregnes med minimums timesoppløsning over ett år, og effekten av energilagring skal tas hensyn til.

4.3 Effekt (EFF)

Et nullutslippsnabolag styrer energistrømmer i området (i bygninger og mellom bygninger) og utveksler energi med det omkringliggende energisystemet på en **fleksibel** måte. Det responderer på signaler fra smarte nett og letter overgangen til et **utslippsfritt energisystem** (*decarbonised energy system*). ZEN-definisjonen har derfor et sterkt fokus på energiflyt til og fra området, med et spesielt fokus på effekttoppene (elektrisitet og fjernvarme). Nøkkelindikatorene for effekt er rettet utelukkende mot energiflyt mellom området og omkringliggende energinett i driftsfasen. Energibruk og energiproduksjon i driftsfasen skal modelleres/estimeres i alle prosjektfaser. I driftsfasen skal nøkkelindikatorene, så langt det er mulig, evalueres gjennom direkte måling. Før området er i drift bør Effektindikatorene simuleres. Alle nøkkelindikatorene beregnes med minimum timesoppløsning. Effektindikatorene bør beregnes i kombinasjon med energiindikatorene ettersom disse har samme krav til dokumentasjon, og benytter samme systemgrenser og referanseprosjekter.

Effekt-kategorien har flere indikatorer som er fordelt på to vurderingskriterier, nemlig "Effektytelse" og "Lastfleksibilitet".

Effektytelse: Dette vurderingskriteriet vurderer de dimensjonerende toppene for import og eksport av elektrisitet og fjernvarme, og dermed belastningen på energinettet.

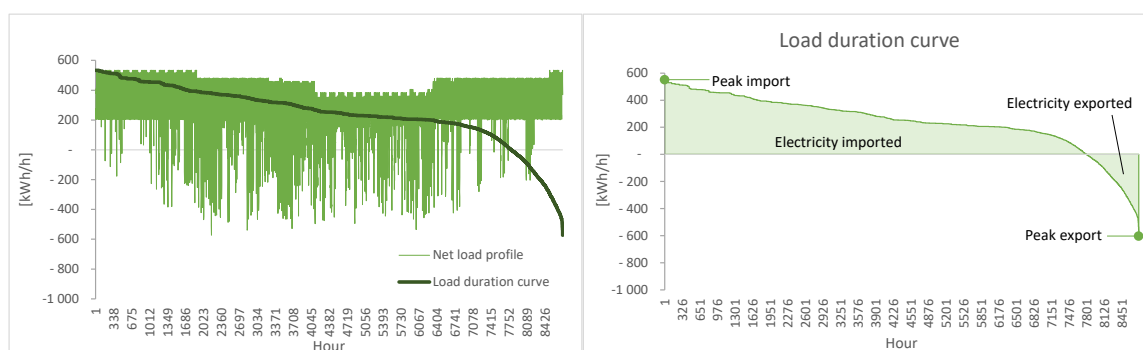
Lastfleksibilitet: Lastfleksibilitetsindikatorerne skal reflektere i hvor stor grad området utveksler energi (elektrisitet og fjernvarme) med det omkringliggende energisystemet på en fleksibel måte. Ettersom samhandlingen mellom området og energinettet skjer på timenivå eller lavere, vil fokuset være å optimalisere netto lastprofiler (av fjernvarme og elektrisitet) på typiske dager ila året ved ulike sesonger (for eksempel sommer og vinter) og ukedager (for eksempel arbeidsdag og helgedag). Lastfleksibilitetsprofilen skal reflektere forskjellene i lastprofilene på typiske dager i referanseprosjektet (der er lite kontroll og forbrukerfleksibilitet) og typiske dager for ZEN-prosjektet.

Det er tre nøkkelindikatorer for Effekt. Nøkkelindikatorerne for Effekt skal beregnes i henhold til *systemgrensen for områdevurdering* for elektrisitet og fjernvarme (ettersom disse energibærerne leveres via et energinett). I tillegg til beregning av Effekt-indikatorerne stilles det krav til å dokumentere årlig netto lastprofil og lastvarighetskurve for elektrisitet og fjernvarme. Indikatoren "Utnyttelsesfaktor" var tidligere foreslått som indikator i Effekt-kategorien, men har blitt fjernet i denne versjonen av definisjonen etter uttesting av energi- og effektindikatorerne på et utvalg av pilotene, og den viste seg å ikke være en god indikator for å vise utnyttelse av nettet (66).

EFF3.1 – Maksimal last (Effektytelse)

Maksimal last (POW3.1) og maksimal eksport (POW3.2) er ekstremverdiene for netto lastvarighetskurven for elektrisitetsbruk/fjernvarmebruk i området. Topplasten refererer til den maksimale positive timesverdien for elektrisitet/fjernvarme som leveres til området ila. et år i drift og finnes ved å hente ekstremverdiene på lastvarighetskurven til netto bruk av elektrisitet og fjernvarme gjennom et år som vist i Figur 11.

Formålet med POW3.1 er å redusere topplasten for elektrisitet og fjernvarme i området, og dermed belastningen på de omkringliggende energinettene.



Figur 11. Lastprofil og lastvarighetskurve for netto elektrisitetsbruk i en pilot over et år.

EFF3.2 – Maksimal eksport (Effektytelse)

Maksimal eksport referer til den maksimale netto timesverdien av elektrisitet som eksporteres fra området i løpet av et år i drift (dvs. når produsert elektrisitet er større enn elektrisitetsbruken). Hvis det ikke er noe netto eksport ila året er maksimal eksport lik null. POW3.2 beregnes ikke for fjernvarme på

nåværende tidspunkt, ettersom eksport av varme til et fjernvarmenettverk er mer avansert enn eksport av elektrisitet, men dette kan bli relevant i fremtidige versjoner av ZEN definisjonen.

EFF3.3 Lastfleksibilitetsindikatorer (Lastfleksibilitet)

Lastfleksibilitetsindikatoren(e) skal reflektere i hvor stor grad området utveksler energi (elektrisitet og fjernvarme) med det omkringliggende energisystemet på en fleksibel måte. Denne/disse nøkkelindikatoren(e) vil bli utviklet i senere versjoner av ZEN definisjonsrapporten, og vil sannsynligvis beregnes enten innenfor systemgrensen for bygningsvurdering eller systemgrensen for områdevurdering på timenivå (eller med enda høyere oppløsning). Ettersom samhandlingen mellom området og energinettet skjer på et timenivå eller lavere, vil fokuset være å optimalisere netto lastprofiler (av fjernvarme og elektrisitet) på typiske dager ila året ved ulike sesonger (for eksempel sommer og vinter) og ukedager (for eksempel arbeidsdag og helgedag). Lastfleksibilitetsprofilen skal reflektere forskjellene i lastprofilene på typiske dager i referansescenariot (der det er lite kontroll og forbrukerfleksibilitet) og typiske dager for ZEN-scenariot. Nøkkelindikatorer for effektfleksibilitet vil bli testet og etter hvert inkludert i ZEN definisjonen ettersom de utarbeides enten under arbeid i FME ZEN eller basert på eksterne kilder.

4.4 Mobilitet (MOB)

ZEN-definisjonen på mobilitet inkluderer både beboeres og andre brukeres daglige transportmønster innenfor og til/fra området, i tillegg til gods- og nyttetransport. Så langt i ZEN mobilitets-casestudier har det primært vært fokus på beboeres daglige reiseaktivitet og mobilitet, mens mobilitetsrelaterte forhold knyttet til beboeres ferier, besøkende i området, og vare- og tjenesteleveranser til området, ikke har inngått i aktivitetene. Disse aspektene vil imidlertid kunne inngå i nye ZEN case.

Da nøkkelindikatorer for mobilitet i et nullutslippsområde skulle defineres, var det et sterkt ønske fra ZEN-partnerne om å velge relevante indikatorer blant eksisterende indikatorer fra BREEAM Communities (9) og relevante nasjonale studier (67). For å nå målet om et nullutslippsområde bør området fremme **bærekraftige transportmønstre** og smarte mobilitetssystemer både lokalt og regionalt. Dette kan oppnås gjennom god fysisk planlegging og god logistikk.

Bærekraftige transportmønstre kan oppnås gjennom overordnet utforming av området og integrert trafikkplanlegging, som støttes av smarte mobilitetssystemer. Disse tar sikte på å redusere miljøpåvirkningen fra transport i området og forbedre livskvaliteten for brukerne. I tillegg bidrar smarte mobilitetssystemer til reduksjon i reisetid, utslipp og overbelastning. Samtidig fremmer og oppmuntrer de til sunnere og mer bærekraftige reisevalg (68). En viktig forutsetning for at det skal være mulig å oppnå bærekraftig mobilitet knyttet til et ZEN-nabolag, er imidlertid prosjektets lokalisering, inkludert avstand til bysentrum og evt. lokale sentre, og kvalitet på kollektivtilbudet i området nabolaget inngår. Dette er forhold som bør vurderes i en tidlig fase, før valg av prosjektlokalisering. Nøkkelindikatoren som beskriver reisetidsforholdet mellom buss og bil vil f.eks. kunne benyttes for å illustrere konkurranseforholdet mellom transportformene, og i hvilken grad kollektivtransport vil kunne representere et reelt alternativ til bil i det planlagte nabolaget.

Endrede handlemønstre i befolkningen, med økning i e-handel og hjemlevering av varer og tjenester, har konsekvenser for både personreiser og transportmønstre for vare- og nyttetransport. Nye transportformer (f.eks. mikromobilitet, bildeling, mobilitet som en tjeneste - MaaS) er delte transportløsninger som representerer økt mulighet for "skreddersøm" av felles transporttilbud til personlig transportbehov.

Økt bruk av og tilvenning til digitale møteplasser (Teams, Zoom, ...) gir mulighet for mer fleksible løsninger i arbeidslivet, med økt bruk av hjemmekontor, "nær-kontor" etc. Disse trendene påvirker både hvor ofte en har behov for å reise, hvor/hvor langt en har behov for å reise, og hvilke transportalternativ en har til rådighet, og gir seg utslag i endrede mobilitetsmønstre for befolkningen. Tilsvarende påvirker disse trendene også drift og organisering av næringstransport, både knyttet til logistikk og varelevering, og drift av tradisjonelle og nye transportløsninger med tilhørende infrastruktur.

Tradisjonelt er den nasjonale reisevaneundersøkelsen (NRVU) den mest omfattende kilden til informasjon om befolkningens mobilitets- og reisemønstre (50). Denne undersøkelsen gir informasjon om befolkningens "daglige reiser", og er basert på informasjon om samtlige turer/reiser deltakerne gjør i løpet av én enkelt dag. Samlet skal undersøkelsen gi et representativt bilde av befolkningens reiseaktivitet per dag, mandag - søndag. Det er imidlertid p.t. begrenset hva denne datakilden gir av informasjon om konsekvensene av de seneste års utvikling mht. nye transportformer og utvikling innen e-handel/hjemlevering, delingsøkonomi og digitale løsninger i arbeidslivet, ettersom det er et visst etterslep fra datainnsamling til datamaterialet gjøres tilgjengelig for analyser. Dette er forhold og utviklingstrekk som vil være særlig interessante for ZEN-pilotene. En utvikling med stadig synkende RVU-deltakelse over flere år, og økte geografiske skjevheter i utvalget, representerer en tilleggsutfordring mht. hvordan data fra denne undersøkelsen best kan benyttes i analyser og beregninger.

For å kunne inkludere mobilitetskonsekvenser av nye tjenester og infrastruktur som tilbys i pilotområdene i ZEN, i KPI-beregninger og vurderinger i prosjektet, er det behov for mer kunnskap om hvordan disse nye transportformene og tjenestene som springer ut av den digitale utviklingen, påvirker mobilitetsmønstre og logistikkjenester. Det er ønskelig med økt tilgang til empiri som er samlet inn med dette for øye, og det bør vurderes om dette er noe partnere i ZEN kan bistå med, f.eks. i forbindelse med gjennomføring av undersøkelser blant beboere/ansatte i områder der slike tilbud allerede er lansert/etablert.

Foreløpig har arbeidet med nøkkelindikatorer for mobilitet primært inkludert forhold knyttet til daglige personreiser i bruksfasen, og ikke til vare- og nyttetransporter som også vil være en naturlig del av bruksfasen av pilotområdene. Transport i anleggsfasen inngår i KGU1.2 Byggefasen.

Nøkkelindikatorer for mobilitet er MOB4.1 Tilgang til kollektivtransport, MOB4.2 Reisetidsforhold, MOB4.3 Parkeringstilbud, MOB4.4 Bilhold, MOB4.5 Mobilitetsmønster, MOB4.6 Transportarbeid, MOB4.7 Vare- og nyttetransport. Nøkkelindikatorer beregnes i henhold til *systemgrense for områdevurdering*, og inkluderer ikke transport inne i bygninger (f.eks. heiser, rulletrapper).

MOB4.1 Tilgang til kollektivtransport

Målsettingen for denne nøkkelindikatoren er å tilrettelegge for hyppig og lett tilgjengelig offentlig transport, som et klimaeffektivt transportvalg i ZEN-pilotområdene. Nøkkelindikatoren vil vurdere koblinger til eksisterende og planlagte transportnoder (som tog, buss, trikk eller metro), samt koblinger til lokale bysentre. Avstanden fra en bygning innenfor ZEN-pilotområdet til nærmeste transportnøkkel, samt transportfrekvensen i topp- og lavtider i urbane og landlige områder, som angitt i BREEAM Communities tekniske manual, kan brukes som referanse (9). I NRVU inngår spørsmål om avstand fra bolig til holdeplass og frekvens på avganger fra holdeplassen. Basert på disse to forholdene beregnes en kvalitativ variabel som beskriver kollektivtilgangen på en femtrinns skala fra *Svært god* til *Svært dårlig* (69). Dersom lokale data fra NRVU er tilgjengelige for pilotområdet, kan disse benyttes direkte

som indikator. Dersom slike data ikke finnes, kan framgangsmåten som er beskrevet i nøkkerapporten for NRVU 2018/19, benyttes for å beregne denne indikatoren. Begge disse måtene å komme fram til en indikator baseres imidlertid på "dagens" kollektivtilbud, og fanger ikke opp evt. endringer i f.eks. frekvens eller holdeplasslokalisering som følge av etablering av ZEN-piloten. Sannsynlighet for slike tilpasninger må tas i betraktning ved evt. beregning av KPI-verdier for det ferdigstilte pilotområdet.

MOB4.2 Reisetidsforhold

Målsettingen med denne indikatoren er å anskueliggjøre konkurranseforholdet mellom hhv. private motoriserte, kollektive og aktive transportalternativ for forflytninger mellom pilotområdet og bysentrum og/eller nærmere lokale sentra og transportknutepunkt. Informasjon om reisetider kan hentes fra reiseplanleggere som EnTur og tilsvarende som tilbys av de ulike lokale kollektivselskapene, evt. i kombinasjon med informasjon fra kart-baserte tjenester som Google Maps. Reisetidene og reisetidsforholdene kan beregnes/hentes ut for både rush- og lavtrafikkperioder, for å fange opp evt. køproblematikk, og bør inkludere gangtider til/fra holdeplass/parkeringsplass. Reisetider med kollektivtransport kan justeres for endringer i omstigningsbehov og tilhørende ventetider ved evt. endringer i ruteopplegget knyttet til etablering av pilotområdet. Sannsynlighet for slike tilpasninger må tas i betraktning ved evt. beregning av KPI-verdier for det ferdigstilte pilotområdet. Nøkkelindikatoren beregnes f.eks. som $\text{reisetid}_{\text{buss}} / \text{reisetid}_{\text{bil}}$, og evt. $\text{reisetid}_{\text{buss}} / \text{reisetid}_{\text{sykkel}}$ for hver fra-til-relasjon. Om det skulle være relevant, kan beregningene gjøres for flere punkter innenfor pilotområdet.

MOB4.3 Parkeringstilbud

Parkeringsnormen angir lokale bestemmelser for hvor mange parkeringsplasser som skal/kan etableres/tilbys beboere eller arbeidsplasser i et område. I områder med lav parkeringskapasitet og/eller høye kostnader knyttet til parkering ved bolig, vil dette kunne legge begrensninger på beboernes mulighet for å eie bil selv. Parkeringstilbud kan angis som antall parkeringsplasser som er tilgjengelige per boenhet, evt. i kombinasjon med pris for å benytte seg av parkeringstilbudet. Denne KPIen vil bli videre utviklet i neste versjon (versjon 4.0) av ZEN definisjonen, og kan evt. også inkludere temaer som lademuligheter for elbiler.

MOB4.4 Bilhold

Disponering av bil er en vesentlig forklaringsfaktor for både omfang av reiseaktivitet og reise-middelbruk. NRVU gir informasjon om bilhold i husstander, og kan benyttes alene eller i kombinasjon med f.eks. informasjon om parkeringstilbud og sammenheng mellom parkeringstilbud og bilhold for å beregne forventet bilhold per husstand i pilotområdet. NRVU gir også informasjon om energibærer (f.eks. bensin, diesel, el, og ulike hybrid-varianter) for bilparken. Denne KPIen vil bli videreutviklet i neste versjon (versjon 4.0) av ZEN definisjonen, og kan evt. også inkludere tilgang til kjøretøy som inngår i bildelingsordninger.

MOB4.5 Mobilitetsmønster

Formålet med denne nøkkelindikatoren er å beregne samlet turproduksjon (antall daglige turer per person) for beboere, og hvordan disse turene fordeler seg på hhv. aktive reisemåter (f.eks. til fots og sykkel), kollektivtransport (f.eks. buss, trikk, båt, tog og bane) og private motoriserte transportmidler (f.eks. privatbil). NRVU kan benyttes direkte eller i kombinasjon med informasjon om parkeringstilbud og bilhold for å beregne forventet turproduksjon og fordeling på transportform tilpasset ZEN-pilotområdene. Nøkkelindikatorer er samlet antall turer/person /dag; antall turer/person/dag fordelt på transportform, og %-andel av turene på hver transportform. Endringer i turlengde og reisemiddelvalg

på grunn av endringer i steds kvalitet og tilgjengelighet til lokale tjenester og attraksjoner, kan tas i betraktning basert på KPIer under kategorien Steds kvaliteter. Denne KPIen vil bli videreutviklet i neste versjon (versjon 4.0) av ZEN-definisjonen.

MOB4.6 Transportarbeid

NRVU gir informasjon om distanse for de daglige reisene. Dette benyttes alene eller i kombinasjon med turlengder avledet fra KPIer under steds kvaliteter, sammen med beregnet turproduksjon og fordeling på transportalternativ (KPI MOB4.5) for å beregne samlet årlig transportarbeid (personkm/år) og trafikkarbeid (kjøretøykm/år) for beboerne. Trafikkarbeid med private motoriserte transportalternativ kan videre splittes i hhv. kjøretøykm med fossile energibærere og med nullutslippsalternativ. Dette vil være input til klimagassberegninger i KGU1.5 Transport i drift.

MOB4.7 Vare- og nyttetransport

Denne indikatoren vil bli videre utviklet i neste versjon (versjon 4.0) av ZEN definisjonen.

4.5 Steds kvaliteter (KVA)

I denne rapporten er steds kvaliteter sett på som kvaliteter i et nabolag oppfattet av brukerne og influert av det bygde miljøet. En steds kvalitet kan for eksempel være tilgang, med tanke på avstand til ulike typer attraksjoner som parker, offentlig transport, tjenester, barnehager og skoler. Det er viktig å se nærmere på ulike kvaliteter av byform siden det går ut over attraktivitet og miljømessige, sosiale og økonomiske aspekter ved bærekraft. Steds kvaliteter kategorien dekker både prosess og byform.

Prosess

Viktigheten av en inklusiv prosess med tanke på innbyggerinvolvering og inkludering i alle ledd er hyllet i globale og regionale utviklingsagenda som forente nasjoners (FN) 2030 Agenda for bærekraftig utvikling (36), New Urban Agenda (70) og European Agenda for the European Union (71). Positive effekter fra innbyggerinvolvering i både prosess og resultatet av deltagelsen er godt dokumentert i akademisk litteratur (72,73).

Målet med vurderingskriterier prosess under kategorien steds kvaliteter er å gi nøkkelindikatorer som vil hjelpe interessenter i å planlegge, tilrettelegge, og evaluere en prosess som fører til involvering av brukere og tar hensyn til behov og krav i et ZEN område. De utviklede KPIene bygger på eksisterende indikatorer i for eksempel BREEAM Communities (9) og CityKeys (10). Ideelt sett skal prosessen beskrevet muliggjøre samskapning mellom interessenter involvert for å oppnå en høyere produksjon av innovasjon og tilfredsstillelse – med tanke på å realisere et vellykket nabolag mellom interessenter og innbyggere i nabolaget. Dette vurderingskriteriet sørger for at utviklingen av strategiske planer for nabolaget er basert på lokale demografiske trender og prioriteringer samt innbyggernes behov, ideer og kunnskap. Ved å evaluere og inkludere brukernes behov sørger man for at kvaliteten og tilgjengeligheten av et nabolag er ivaretatt.

Byform

Ifølge IPCC er byform, det vil si størrelse, form og konfigurasjon av et byområde eller dets deler, sterkt knyttet til klimagassutslipp (52). Dette er spesielt tilfelle når det gjelder transportbehov og mengde bilkjøring. Basert på verdensomspennende forskning har IPCC påpekt at tetthet, arealbruksmiks, tilkobling og tilgjengelighet er noen av de viktigste drivkreftene for å redusere klimagassutslipp (52). I tillegg er nok grønne arealer også en viktig del av det bygde miljøet for klimaendringer og karbonlagring

(74) samt fritid og velvære (75). Fra et ZEN perspektiv ser det også ut til å være en overlapp mellom de urbane drivkreftene som reduserer klimagassutslipp og de som skaper attraktive steder for beboere og arbeidere (76,77). Det er også interessant forskning som viser viktigheten av disse urbane drivkreftene og sosial integrasjon mellom forskjellige nabolag i byen (78).

KPIene for stedskvaliteter som omhandler byform og arealbruk er utviklet gjennom tidligere arbeid med ZEN toolbox for "stedskvaliteter". Stedskvalitetsindikatorerne er et sett med beregninger som måler potensialet for bærekraftige og attraktive nabolag i henhold til anbefalinger fra UN Habitat (53) og IPCC (52). Målet har vært å vurdere planer for byutvikling og støtte videre stadier av bydesign med GIS-verktøy og politisk anbefalinger. ZEN stedskvalitetsindikatorerne har så langt blitt utviklet for en tidlig strategisk planleggingsfase (kommunedelplaner). Videre utvikling vil fokusere på indikatorer for en senere planfase (reguleringsplaner) og mindre skala slik som utforming av gater, offentlig rom og bygningsfasader.

Nøkkelindikatorerne for byform kan ses på som en oppsummering av ZEN stedskvaliteter og fremhever noe av de mest fundamentale aspektene ved byform og arealbruk. Stedskvalitetsindikatorerne har blitt utviklet i nær tilknytning til ZEN pilotene i Trondheim, Bærum og Bodø. Alle verdiene kan beregnes ved bruk av åpen-kilde GIS programvare. Bakgrunnsdata som trengs er ofte tilgjengelig hos norske kommuner (alternative metoder for å måle KPI verdiene, hvis brukeren ikke er kjent med GIS, er ytterligere beskrevet i definisjonsveilederen).

Dagens versjon av stedskvaliteter og KPIene for byform og arealbruk har blitt utviklet av forskningsgruppen ZEN-SMS (stedsmorfologistudier i ZEN) ved NTNU-AD (fakultetet for arkitektur og design ved NTNU).

KVA5.1 Demografisk analyse

En demografisk analyse skal iverksettes på en tidlig strategisk planleggingsfase i utvikling av et ZEN område for å definere omfanget av foreslått utbygging med tanke på nåværende demografiske brukere og brukerprofiler og fremtidige trender for nabolaget og omkringliggende regioner.

KVA5.2 Interessentanalyse

En interessentanalyse identifiserer nabolagets brukere og aktører som er viktige å inkludere i prosessen for å sørge for at høykvalitet stedskvaliteter er brukt i ZEN området.

KVA5.3 Behovsanalyse

En behovsanalyse skal utarbeides for å identifisere nåværende og fremtidige behov og krav fra brukerne i et ZEN nabolag. Behovsanalysen bygger videre på resultatene fra KVA5.1 og KVA5.2 hvor relevante og fremtidige brukere er identifisert.

KVA5.4 Konsultasjonsplan

En konsultasjonsplan skal utvikles og iverksettes over levetiden av et ZEN område for å sørge for at brukernes behov og krav i ZEN utviklingsprosessen og driftsfasen er ivaretatt. Målet med konsultasjonsplanen er å sørge for at behovene, ideene og kunnskapen til samfunnet er brukt for å forbedre kvaliteten og tilgangen til ZEN gjennom hele den strategiske planleggings-, implementerings- og driftsfasen.

KVA5.5 Urban tilgjengelighet

KVA5.5 Urban tilgjengelighet er tilgangen til de fem følgende kategoriene av urbane attraksjoner innenfor 1 km gåavstand for minst 90 % av befolkningen i området; lokal offentlig transport, rask regional offentlig transport, barneskole, lokale serviceklynger og attraktive åpne offentlige rom.

KVA5.6 Gatetilkobling

KVA5.6 Gatetilkobling er antallet integrerte gater og gangavstand til omkringliggende nabolag.

KVA5.7 Arealbruksmiks

KVA5.7 Arealbruksmiks er balansen mellom beboere og arbeidere innenfor nabolaget og et bufferområde på 500 meter i luftavstand.

KVA5.8 Grønne arealer

KVA5.8 Grønne arealer er andel av verdifulle grønne åpne offentlige rom av alt landområde innenfor nabolaget og et bufferområde på 500 meter i luftavstand.

4.6 Økonomi (ØKO)

Som definert over er økonomisk bærekraft en viktig pilar for implementering av ZEN i en større skala. Utvikling av et nullutslippsnabolag vil mest sannsynlig føre til en økning i kapitalkostnader i byggefasen, men disse vil balanseres ut med lavere driftskostnader i driftsfasen, med mulige sparing i driftsfasen. Økonomiske nøkkelindikatorer er derfor viktige og relevante og er også inkludert i andre evalueringsrammeverk som Sustainable Positive Energy Neighbourhoods (SPENs) (79) og forskningsnettverk som IEA EBC Annex 83 Positive Energy Districts Subtask C (80).

I kategorien som omhandler økonomisk bærekraft vil man se kostandene fra ståstedet til et prioritert utvalg av interessenter i nabolaget. Ettersom utvikling av et ZEN området er en lang prosess kan prioriteringen gjøres per fase (strategisk planleggingsfase, implementeringsfase, og bruksfase) hvor hver fase prioriterer et utvalg av interessenter. ZEN-senteret er interessert i å harmonisere metodikk for livssyklus kostnader (LCC) NS 3454 (54) med ZEN metodikk for klimagassberegninger og tilhørende systemgrenser som beskrevet over i KGU utslippskategori. Harmonisering vil tillate de to kategoriene – klimagassutslipp og økonomi – å benytte seg av samme metode og systemgrense. Denne tilnærmingen vil spare både tid og krefter når det gjelder datainnsamling, siden livsløps inventar data kan gjenbrukes i både LCC og LCA.

Økonomikategorien består av tre indikatorer, ØKO6.1 kapitalkostnader, ØKO6.2 driftskostnader og ØKO6.3 kost/nytte analyse, for å demonstrere økonomisk ytelse i hver ZEN pilot.

ØKO6.1 Kapitalkostnader

Denne indikatoren omfatter kapitalkostnader beregnet i henhold til NS 3454 (54). Kapitalkostnader innebærer utbyggingskostnader og kostnaden av eiendeler eller gjenstander som er kjøpt eller implementert med sikte på å forbedre karbonutslippene i nabolaget. Det er en forventning om at det vil være høyere investeringer i mer energieffektive og nesten nullutslipps bygninger og infrastruktur. Denne nøkkelindikatoren skal vurderes på bygg- og områdenivå og vurdere kostnader knyttet til blant annet energisystemet og materialanskaffelser.

ØKO6.2 Driftskostnader

Denne indikatoren inkluderer årlige driftskostnader beregnet i henhold til NS 3454 (54) som vedlikehold, reparasjon, utskifting, utvikling, forbruk og rengjøringskostnader. Med andre ord, driftskostnader refererer til kapitalrelaterte årlige kostnader for eiendeler eller gjenstander som er kjøpt eller implementert med sikte på å redusere karbonutslippene i nabolaget. Denne nøkkellindikatoren vil vurderes både på bygg- og områdenivå.

ØKO6.3 Overordnet ytelse

Denne indikatoren vil bestå av et sett med indikatorer som evaluerer fordeler av ulike nullutslippsstrategier og/eller tiltak for utvalget av interessenter. Indikatorene skal presentere både kapitalkostnadene og investeringskostnadene som en enkel indikator. En mulig indikator er NOK/CO₂e spart siden ZEN senteret er interessert i kost-nytte verdien av implementering av nullutslippsstrategier og/eller tiltak for å oppnå ZEN definisjonen (81). Dette sett med indikatorer skal også vurdere tilbakebetalingstid og avkastning på investeringen som er velkjente parametere for investorer.

Videre arbeid skal bygge på disse tre nøkkellindikatorene i samarbeid med ZEN partnere slik at disse indikatorene kan bidra til å ta bærekraftige investeringsbeslutninger ved å bruke en livsløpskostnadstilnærming i utviklingen av nullutslippsnabolag.

5 Innovasjon (INN)

Det er iboende vanskeligheter med å tildele KPIer for vurderingen av innovasjonsrelaterte aktiviteter. For det første er innovasjon komplekst og usikkert, for det andre kan påvirkningen fra innovasjon kun bli vurdert på lang sikt, for det tredje skaper innovasjon komplekse og flere effekter som ikke utvikler seg lineært.

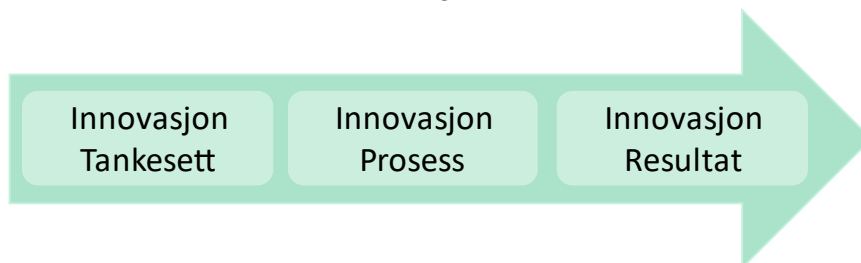
Utvikling av ytelsesbasert måling av innovasjon i ZEN ville også krevd at man identifiserte indikatorer som kan valideres, som har mulighet for sammenligning, som er svært aggregerte og som er nyttige når man oppretter et ZEN (82). Dette behovet for informasjon finnes ikke i dag på grunn av det nyskapende i et ZEN konsept, og derfor har ikke Innovasjon i ZEN egne nøkkellindikatorer tilknyttet seg.

Når det er sagt så er innovasjon et kritisk suksesskriterium i FME ZEN og innovasjonsaktiviteter i ZEN reflekterer brukerbehovet for nye løsninger i markedet for å realisere visjonen om et nullutslippsnabolag.

En metodikk som skisserer hvordan man jobber med innovasjon i ZEN kan være nødvendig frem til kunnskap rundt utvikling av ZEN blir vanlig. Utfordringer med reproduksjon og skalerbarhet av løsninger kan føre til at innovasjon vil fortsette å være viktig i utviklingen av ZEN (i det minste i noen tid fremover). En godt beskrevet metodikk kan hjelpe interessenter i planleggingen, utviklingen og drift av et ZEN område på tvers av kategoriene som inkluderer klimagassutslipp (KGU), energi (ENE), effekt (EFF), mobilitet (MOB), økonomi (ØKO) og stedskvaliteter (KVA).

Et komplekst nettverk av interessenter er nødvendig å involvere i planlegging, implementering og drift av et ZEN område. Sosial innovasjon (83) kan bidra til å forenkle opprettelsen av ZEN områder hvor unike demografiske og interessent/brukerbehov er innarbeidet. Innovasjon som tankesett, og sosial innovasjon, søker begge å øke innovasjonskulturen der fokuset er menneskesentrert, tverrfaglig og samarbeidende.

En helhetlig tilnærming til innovasjon for ZEN burde inkludere tre kjerneelementer. Dette er innovasjon som et resultat, som en prosess og som et tankesett (84), se Figur 12 og Tabell 6. Fremragende resultater kommer fra fremragende innovasjonsprosesser som forsterkes av innovasjonstankesett. En slik helhetlig tilnærming til innovasjon vil øke sjansen for suksess i innovasjonen (84). Disse tre kjerneelementene kan støtte interessenter i utviklingen av ZEN områder.



Figur 12. Helhetlig tilnærming til innovasjon som hensyntar tankesett, prosess og resultat.

Tankesett (kultur) – Innovasjon er å gjøre noe bedre enn slik det blir gjort i dag. Det krever en god forståelse av hva som nå gjøres og en endring i tenkemåte. Et innovasjonstankesett samkjører interessenter og manifesterer kulturen som trengs for at innovasjon kan skje. Å omfatte et tankesett som tilrettelegger for at interessentene kan være risikotagende, tverrfaglige og åpne for varierte måter å tenke på vil hjelpe med å etablere den rette tilstanden for innovasjon. 'Tilstand' innebærer noe som er vanlig og varig. Det omhandler om innstilling og innarbeiding av et tankesett som forbereder interessentene på innovasjon slik at det blir et skikkelig engasjement i innovasjonsprosessen så man oppnår ønsket innovasjonsresultat.

Prosess (ledelse) – Prosessinnovasjon involverer styringsmekanismene som påvirker hvordan en innovasjonside pleies fra begynnelsen til det mulige resultatet kan utnyttes. Styringsmekanismen søker å akselerere farten og antallet gode ideer som gir økt verdiskaping hos interessentene, og som i sin tur maksimerer det innovative resultatet. Det er en sterk sammenheng mellom gode/vellykkede innovasjonsprosesser og påfølgende resultater. I ZEN er det en fordel å kunne utnytte et strømlinjeformet rammeverk for innovasjonsstyring som ikke tilfører for mye kompleksitet. Man kan hevde at større programmer for innovasjonsledelse med tilhørende KPIer og komplekse vurderingskriterier kan forsinke tiden mellom leveranse av innovasjonsideer.

Utfall (for resultat) – Innovasjon som resultat adresserer sluttmålene man søker og omfatter bruk og utnyttelse i markedet (og samfunnet) av innovasjonen. Innovasjon som et resultat i ZEN vektlegger følgende innovasjonskategorier: forretningsmodeller, organisasjonsstrukturer, prosesser, produkter og markedsmetoder. Resultatene kan variere fra å være inkrementelle til radikale.

Tabell 6. Metode for innovasjon i ZEN (tilpasset fra (84))

ZEN faser	Innovasjon	Strategisk fokus	Strategisk spørsmål	Betraktninger
Planlegging	Innovasjon er et tankesett	Nåværende tilstand	Hva burde bli oppmuntret og implementert for å forberede for hva og hvordan?	<ul style="list-style-type: none"> – Individuell tankesett (samfunn) – Offentlig organisering tankesett – Private organisering tankesett – Forskningsinstitutt tankesett
Implementering	Innovasjon er en prosess	Måter og midler	Hvordan skal du få det til å skje?	<ul style="list-style-type: none"> – Oppdage, utvikle, levere – Overvåke og styre – Innovasjonsmodenhetsnivå
Drift	Innovasjon er et resultat	Resultat	Hva vil du at skal skje?	<ul style="list-style-type: none"> – Produktinnovasjon – Prosessinnovasjon* – Markedsinnovasjon – Forretningsmodellinnovasjon – Organisasjonsinnovasjon

* Prosess her referer til: kosteffektivitet, materialbesparelser, utslippsreduksjoner, endringer i lover og regelverk, definisjoner, planprosesser og konstruksjonsprosesser.

6 Rammeverk for ZEN KPI verktøy

ZEN KPI verktøyet sitt konseptuelle rammeverk søker å implementere ZEN definisjonen i ZEN pilotområdene ved teoretisk uttesting av ZEN definisjonen med reelle data fra ZEN pilotområdene (85). Informasjonen som er samlet inn gjennom en kartlegging av eksisterende verktøy som er i bruk av ZEN partnere er brukt som bakgrunn for å utvikle det konseptuelle rammeverket for ZEN KPI verktøyet. Uttesting av ZEN KPI'ene vil være en kontinuerlig og iterativ prosess som gradvis vil fastslå passende minimumskrav, ambisjonsnivåer, referanseverdier, terskelverdier, vektning og sammenligningsverdier for en vellykket implementering av et ZEN KPI verktøy. Et konseptuelt rammeverk er utviklet for ZEN KPI verktøyet basert på informasjon og erfaring fra arbeidet med ZEN definisjonen, ZEN pilotområdene, ZEN partnere og eksisterende verktøy, se Figur 13. Rammeverket bygger på det opprinnelige ZEN toolbox rammeverket utviklet av Houlihan Wiberg and Baer in (86).

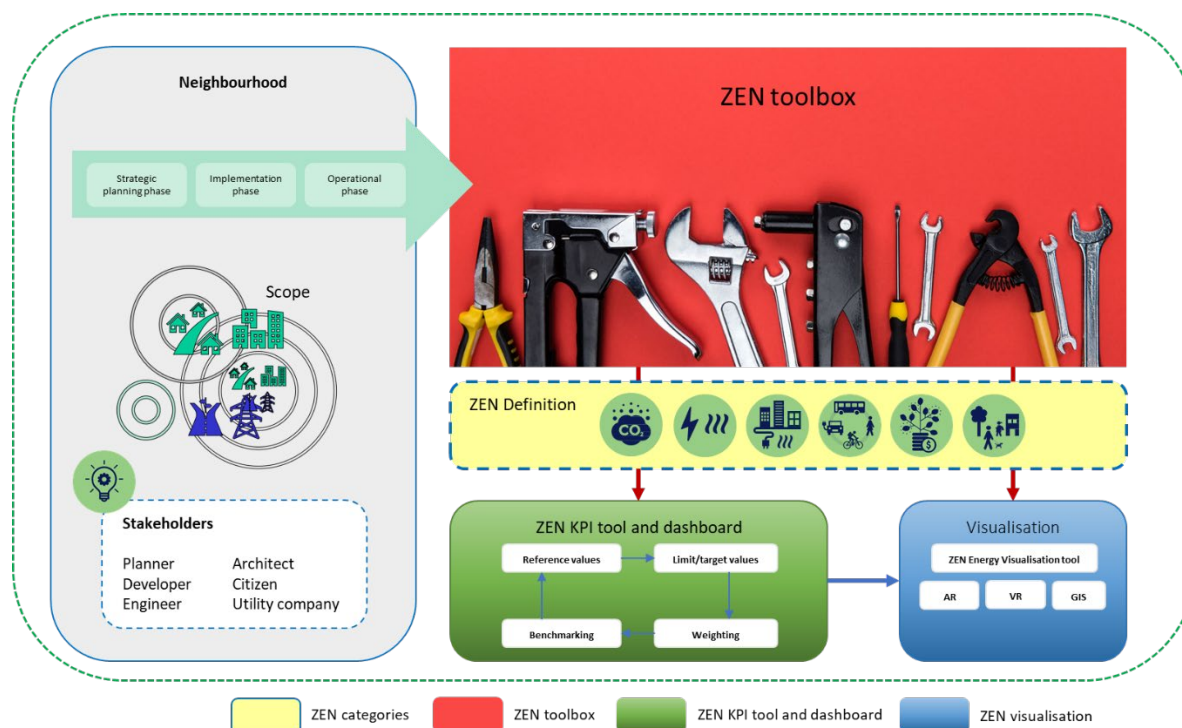


Figure 13. ZEN KPI verktøy – konseptuelt rammeverk utviklet basert på (86).

Rammeverket skal brukes i flere sammenhenger og vil ta for seg de forskjellige prosjektfasene, omfanget og ulike interesser. Hovedkomponentene i rammeverket er:

- ZEN-verktøykassen som består av eksisterende verktøy som kan beregne resultatene for spesifikke KPI'er
- ZEN vurderingskriteriene og KPI'ene som beskrevet i denne rapporten
- ZEN KPI verktøyet som vil samle informasjon om individuelle KPI'er fra verktøyene i ZEN-verktøykassen og strukturere dette i henhold til ZEN-kategoriene
- Visualisering av resultatene i form av dashboard-, GIS-, AR-, eller VR-løsninger som kan utvikles i ZEN-prosjektet.

Innenfor ZEN KPI verktøyet vil det foregå en iterativ prosess som innebærer å samle inn verdier, sette referanseverdier og terskelverdier for individuelle KPI'er og definere en vektning og sammenligning innenfor og på tvers av ZEN kategoriene og KPI'ene. Mer informasjon om ZEN KPI rammeverket finnes i ZEN veileder rapport versjon 2.0 (12).

7 Begrensninger og videre arbeid

Det er noen begrensninger til ZEN-definisjonsrapportserien. Følgende aspekter er ikke adressert:

- *Andre miljøprestasjonsindikatorer enn klimagassutslipp:* Dette er fordi det er høyere usikkerhet forbundet med andre indikatorer samt at andre miljøpåvirkningskategorier har en tendens til å samsvare med klimagassutslipp. Det er også enklere å kommunisere miljøpåvirkning til interessenter i form av klimagassutslipp som er mye brukt og kjent i næringen. Det vil være svært tidkrevende å samle inn data til en livsløpsvurdering av hele området og for alle miljøpåvirkningskategoriene i tillegg til at det ikke alltid er tilgjengelige livsløpsdata for alle miljøprestasjonsindikatorer.
- *Byggkvalitet:* Dette er fordi byggkvalitet skal vurderes i alle byggeprosjekter som et minstekrav (f.eks. i Plan- og bygningsloven (PBL) og i Byggteknisk forskrift (TEK17)), og er heller ikke et kriterium for å nå ambisjonen om et nullutslippsområde. Ved at ZEN-definisjonen ikke er begrenset til norske lover og forskrifter, så kan ZEN-definisjonen også anvendes internasjonalt.
- *Universell utforming og klimatilpasning:* Disse har ikke blitt tatt med siden det er et minstekrav for både universell utforming og klimatilpasning at det skal vurderes i alle områdeutviklinger (f.eks. Plan og bygningsloven (PBL) og Byggteknisk forskrift (TEK17)). De er heller ikke i seg selv forutsetninger for å realisere ambisjonen om et nullutslippsområde.

Denne tredje utgaven av ZEN-definisjonsrapporten har vist at det er et betydelig omfang av videre arbeid. I ZEN senteret vil følgende aspekter avklares:

- KPI'er for mobilitet, økonomi og stedskvaliteter kategoriene skal videreutvikles og testes i ZEN pilotområdene. Dette skal innebære blant annet en felles workshop mellom mobilitet og stedskvaliteter – byform ekspertgruppene for å sørge for at det er ikke noe overlapp mellom MOB4.1 og KVA5.5. Ekspertgruppen for mobilitet skal vurdere MOB4.3 og MOB4.4 for å se om sykkelparkering, sykkelhold, elbiler, elsykler og lading skal også tas med. Det skal også utvikles en definisjon på 'bruker' som er brukt som enhet i mobilitetskategorien og klimagasskategorien KGU1.5.
- Metoden for Innovasjon skal videre utforskes med tanke på dens betydning og nytte for å styre ZEN områder. Mulige begrensninger i reproduksjon og skalerbarhet av ZEN innovasjoner som etableres i ZEN senterets levetid kan bety at innovasjon vil forbli viktig i etablering av ZEN, i det minste frem til det er blitt standard.
- Referanseverdier (*baseline/base case*) for nøkkelindikatorer skal utvikles for å muliggjøre sammenligninger mellom ZEN-pilotområdene.
- I forbindelse med utviklingen av ZEN-definisjonen og ZEN-guideline skal et halvautomatisk overvåkings- og evalueringssystem utvikles for systematisk å måle kvantitative og kvalitative data som samles inn i løpet av prosjektperioden.
- Videreutvikling av ZEN KPI rammeverket
- Videreutvikling av ZEN KPI verktøyet
- Vekting og benchmarkingssystem (85): Ikke alle KPI'er er egnet for vekting eller benchmarking i ZEN KPI verktøyet, men det kan likevel være nyttig informasjon å dokumentere og informasjon som kan brukes inn i andre KPI'er. Det kan også være vanskelig å implementere ambisjonsnivåer og mål i samsvar med ZEN definisjonen når mange av ZEN pilotområdene har startet arbeidet og allerede har satt egne mål for å nå ZEN. Eksisterende mål og ambisjoner hos pilotene må harmoniseres med definisjonen av ZEN forskningssenteret. For vekting og benchmarking er det viktig å finne metoder som gjør det mulig å vurdere og sammenligne forskjellige designalternativer slik at de kan vurderes opp mot hverandre for å finne den beste løsningen. For å veie de forskjellige KPI'ene er en av de enkleste metodene "enkel summeringsvektingsmetode (simple additive weighting (SAW)) der:

$$v(x) = \sum_{i=1}^n w_i v_i(x_i)$$

- v er den samlede verdien av evalueringsobjektet x ,
 - x_i er målingen av objektet x på egenskapen i ,
 - v_i er funksjon for verdien av enkeltegenskapene,
 - w_i er vekten av egenskapen i ,
 - n er antallet egenskaper
- *Dataoppløsning (85)*: Et annet problem som må løses i ZEN KPI verktøyet er kravene til dataoppløsning. Eksempler kan være detaljnivået på klimagassutslippene i de forskjellige fasene i prosjektet.

Referanser

1. Wiik MK, Fufa SM, Krogstie J, Ahlers D, Wyckmans A, Driscoll P, et al. Zero Emission Neighbourhoods in Smart Cities - Definition, Key Performance Indicators and Assessment Criteria: Version 1.0. Bilingual version [Internet]. FME ZEN - The Research Centre on Zero Emission Neighbourhoods in Smart Cities: SINTEF - NTNU; 2018 [cited 2021 Oct 29]. Report No.: 7. Available from: <https://fmezen.no/wp-content/uploads/2018/11/ZEN-Report-no-7-Bilingual.pdf>
2. Wiik MK, Fufa SM, Fjellheim K, Lien SK, Krogstie J, Ahlers D, et al. Zero Emission Neighbourhoods in Smart Cities - Definition, Key Performance Indicators and Assessment Criteria: Version 2.0. Bilingual version [Internet]. FME ZEN - The Research Centre on Zero Emission Neighbourhoods in Smart Cities: SINTEF - NTNU; 2021. Report No.: 32. Available from: <https://fmezen.no/wp-content/uploads/2021/04/ZEN-Report-no-32.pdf>
3. FME ZEN. The Research Centre on Zero Emission Neighbourhoods in Smart Cities [Internet]. 2016 [cited 2021 Oct 29]. Available from: <https://fmezen.no/>
4. ZEB. The Research Centre on Zero Emission Buildings [Internet]. 2016 [cited 2021 Oct 29]. Available from: <http://www.zeb.no/index.php/en/>
5. Walnum HT, Sørnes K, Mysen M, Sørensen ÅL, Almås A-J. Preliminary toolkit for goals and KPIs. Oslo; 2017 p. 53.
6. European Commission. Smart Cities & Communities online [Internet]. Innovation and Networks Executive Agency - European Commission. 2017 [cited 2021 Oct 29]. Available from: <https://ec.europa.eu/inea/en/horizon-2020/smart-cities-communities>
7. RemoUrban. Smartcities Network [Internet]. [cited 2021 Oct 29]. Available from: <http://www.remourban.eu/smartcities-network/title.kl>
8. European Commission. Horizon 2020 - Work Programme 2018-2020. Secure, clean and efficient energy. European Commission; 2017.
9. BRE Global Limited. BREEAM Communities technical manual. BRE; 2017 Aug p. 184. Report No.: SD202-01.2012.
10. Bosch P, Jongeneel S, Rovers V, Neumann H-M, Huovila A. CITYkeys indicators for smart city projects and smart cities. 2017 Jan p. 305.
11. Wiik MK, Bær D, Fufa SM, Andresen I, Sartori I, Uusinoka T. The ZEN Definition - A Guideline for the ZEN Pilot Areas. Version 1.0. [Internet]. The Research Centre on Zero Emission Neighbourhoods in Smart Cities: SINTEF - NTNU; 2018 [cited 2021 Oct 29]. Available from: https://fmezen.no/wp-content/uploads/2019/03/ZEN-Report-no-11_The-ZEN-definition_A-guideline-for-the-ZEN-pilot-areas.pdf
12. Wiik MK, Krekling Lien S, Fjellheim K, Vandervaeren C, Fufa SM, Baer D, et al. The ZEN Definition - A Guideline for the ZEN Pilot Areas. Version 2.0 [Internet]. The Research Centre on Zero Emission Neighbourhoods in Smart Cities: SINTEF - NTNU; 2021 [cited 2021 Oct 29]. Available from: https://fmezen.no/wp-content/uploads/2019/03/ZEN-Report-no-11_The-ZEN-definition_A-guideline-for-the-ZEN-pilot-areas.pdf
13. Kristjansdottir T, Fjeldheim H, Selvig E, Risholt BD, Time B, Georges L, et al. A Norwegian ZEB-definition embodied emission [Internet]. 2014 [cited 2021 Oct 29]. Available from: <https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmlui/handle/11250/2386705>

14. Fufa SM, Dahl Schlanbusch R, Sørnes K, Inman M, Andresen I. A Norwegian ZEB definition guideline [Internet]. Research Centre on Zero Emission Buildings. Vol. ZEB Project report 29 – 2016. SINTEF Academic Press; 2016 [cited 2021 Oct 29]. Available from: https://www.sintefbok.no/book/index/1092/a_norwegian_zeb_definition_guideline
15. Schlanbusch R, Segtnan I. Nullutslippsbygninger (ZEB) Retningslinjer og beregningsmetoder. Oslo: SINTEF; Report No.: bks 473.010.
16. Houlihan Wiberg A, Georges L, Fufa Mamo S, Risholt B. A zero emission concept analysis of a single family house: Part 2 sensitivity analysis. ZEB Project report no 21, The Research Centre on Zero Emission Buildings (ZEB). 2015.
17. Dokka TH, Houlihan Wiberg A, Georges L, Mellegård SE, Time B, Haase M, et al. A Zero Emission Concept Analysis of a Single-Family House. SINTEF Academic Press.: Oslo; 2013. (The Research Centre on Zero Emission Buildings). Report No.: ZEB Project Report (9).
18. Åse Lekang Sørensen, Inger Andresen, Torhildur Kristjansdottir, Harald Amundsen, Edwards K. ZEB pilot house Larvik. As Build Report. As Built Report. ZEB Project report no. 38. ISBN:978-82-536-1553-0. 2017.
19. Inman MR, Houlihan Wiberg A. Life Cycle GHG Emissions of Material Use in the Living Laboratory. ZEB Project report no. 24. ISBN:978-82-536-1481-6. 2015.
20. Inman MR, Houlihan Wiberg A. Life Cycle GHG Emissions of Material Use in the Living Laboratory. In Grada Publishing: Czech Technical University in Prague; 2016. p. 1664.
21. Wiik MRK, Wiberg AAMH. Life Cycle Greenhouse Gas Emissions of Material Use in the Living Laboratory. In Hong Kong: Construction Industry Council; 2017. p. 1825–30.
22. Dokka TH, Kristjansdottir T, Time B, Mellegård SE, Haase M, tønnesen A. Zero Emission Concept Analysis of an Office Building. The Research Centre on Zero Emission Buildings (ZEB). Oslo: SINTEF Academic Press; 2013.
23. Hofmeister TB, Kristjansdottir T, Time B, Houlihan Wiberg A. Life Cycle GHG Emissions from a Wooden Loadbearing Alternative for a ZEB Office concept. The Research Centre on Zero Emission Buildings (ZEB). Oslo: SINTEF Academic Press; 2015.
24. Åse Lekang Sørensen, Inger Andresen, Harald Walnum, Maria Justo Alonso, Selamawit Mamo Fufa, Bjørn Jenssen, et al. Pilot Building Powerhouse Kjørbo. As Built Report. ZEB Project report no. 38. ISBN:978-82-536-1553-0. 2017.
25. Fjeldheim H, Kristjansdottir T, Sørnes K. Establishing the Life Cycle Primary Energy Balance for Powerhouse Kjørbo. In Copenhagen, 20-21 August 2015; 2015.
26. Throndsen W, Berker T, Knoll EB. Powerhouse Kjørbo. Evaluation of construction process and early use phase. The Research Centre on Zero Emission Buildings. ZEB Project report no 25. ISBN:978-82-536-1486-1. 2015.
27. Eivind Selvig, Marianne Kjendseth Wiik, Åse Lekang Sørensen. Campus Evenstad - Jakten på nullutslippsbygget ZEB-COM. 2017.
28. Wiik MK, Sørensen ÅL, Selvig E, Cervenka Z, Fufa SM, Andresen I. ZEB Pilot Campus Evenstad. Administration and educational building. As-built report. The Research Centre on Zero Emission Buildings. ZEB Project report no 36. 2017.

29. Schlanbusch RD, Fufa SM, Andresen I, Mjøsnes T. ZEB pilot Heimdal high school and sports hall. Design phase report. The Research Centre on Zero Emission Buildings. ZEB Project report no 34. 2017.
30. NS 3720:2018. Metode for klimagassberegninger for bygninger / Method for greenhouse gas calculations for buildings [Internet]. Standard Norge; 2018 [cited 2021 Oct 29]. Available from: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=992162>
31. Wiik MK, Fufa SM, Kristjansdottir T, Andresen I. Lessons learnt from embodied GHG emission calculations in zero emission buildings (ZEBs) from the Norwegian ZEB research centre. Energy Build. 2018 Apr 15;165:25–34.
32. Wiik MK, Fufa Mamo S, Fjellheim K, Lien SK, Krogstie J, Dirk Ahlers, et al. ZERO EMISSION NEIGHBOURHOODS IN SMART CITIES Definition, key performance indicators and assessment criteria: Version 2.0. Bilingual version. Oslo, Norway: NTNU/SINTEF; 2021. (ZEN report). Report No.: 32.
33. Ahlers D, Krogstie J. ZEN Data Management and Monitoring: Requirements and Architecture. Oslo; 2017.
34. Strasser H, Kimman J, Koch A, Mair am Tinkhof O, Müller D, Schiefelbein J, et al. IEA EBC annex 63—implementation of energy strategies in communities. Energy Build. 2018 Jan 1;158:123–34.
35. ISO 37100:2016. Sustainable cities and communities — Vocabulary [Internet]. [cited 2021 Oct 29]. Available from: <https://www.iso.org/cms/render/live/en/sites/isoorg/contents/data/standard/07/19/71914.html>
36. United Nations General Assembly. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development [Internet]. A/RES/70/1 Sep 25, 2015. Available from: http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E
37. IPCC. AR5 Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Internet]. 2013 [cited 2021 Oct 29]. Available from: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>
38. NS-EN 15643-1:2010. Sustainability of construction works - Sustainability assessment of buildings - Part 1: General framework [Internet]. Standard Norge; 2010 [cited 2021 Oct 29]. Available from: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=512600>
39. NS 3451: 2009. Bygningsdelstabell / Table of Building Elements. Standard Norge; 2009.
40. NS 3457-3:2013. Klassifikasjon av byggverk – Del 3: Bygningstyper. [Internet]. Standard Norge; 2013 [cited 2021 Oct 29]. Available from: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=665100>
41. EN 15804+A2:2019. Sustainability of construction works - Environmental product declarations - Core rules for the product category of construction products. European Committee For Standardisation; 2019.

42. NS-EN 15978:2011. Bærekraftige byggverk - Vurdering av bygningers miljøprestasjon - Beregningsmetode / Sustainability of construction works - Assessment of environmental performance of buildings - Calculation method [Internet]. European Committee for Standardization; 2011 [cited 2021 Oct 29]. Available from: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=516244>
43. NS-EN 16258:2012. Metode for beregning av og deklarerer av energiforbruk og klimagassutslipp for transporttjenester (vare- og persontransport) / Methodology for calculation and declaration of energy consumption and GHG emissions of transport services (freight and passengers). Standard Norge; 2012.
44. NS-EN 16449. Tre og trebaserte produkter - Beregning av biogent karboninnhold i tre og omdanning til karbondioksid / Wood and wood-based products Calculation of the biogenic carbon content of wood and conversion to carbon dioxide. Standard Norge, Oslo, Norway.; 2014.
45. SN-NSPEK 3031:2021 SN. Bygningers energiytelse — Beregning av energibehov og energiforsyning. 2020.
46. 52000-1:2017 N-EI. Energy performance of buildings -- Overarching EPB assessment -- Part 1: General framework and procedures [Internet]. International Organization for Standardization; 2017 [cited 2021 Oct 29]. Available from: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=941531>
47. Salom J, Marszal AJ, Candanedo J, Widén J, Lindberg KB, Sartori I. Analysis of Load Match and Grid Interaction Indicators in NZEB with High-Resolution Data [Internet]. IEA Solar Heating and Cooling Programme; 2014 Mar [cited 2022 Jan 25]. Available from: <http://www.iea-shc.org/data/sites/1/publications/T40A52--LMGI-in-Net-ZEBs--STA-Technical-Report.pdf>
48. Marszal-Pomianowska AJ, Johra H, Weiss T, Knotzer A. EBC Annex 67. Characterization of energy flexibility in buildings. Taastrup: Danish Technological Institute; 2019.
49. Marszal-Pomianowska AJ, Johra H, Knotzer A, Salom J. EBC Annex 67. Principles of energy flexible buildings. Taastrup: Danish Technological Institute; 2019.
50. TØI. Den nasjonale reisevaneundersøkelsen (NRVU) [Internet]. 2021. Available from: <https://www.toi.no/rvu/>
51. Rekdal J, Larsen OI, Hamre TN, Malmin OK, Hulleberg N. Etablering av etterspørselsmodell for korte personreiser. Teknisk dokumentasjon fra estimeringen. TØI; 2021.
52. IPCC. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Internet]. 2014 [cited 2021 Oct 29]. Available from: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>
53. UN Habitat. A New Strategy of Sustainable Neighbourhood Planning: Five principles - Urban Planning Discussion Note 3 | UN-Habitat [Internet]. 2014 [cited 2022 Jan 15]. Available from: <https://unhabitat.org/a-new-strategy-of-sustainable-neighbourhood-planning-five-principles>
54. NS 3454:2013. Livssyklus kostnader for byggverk - Prinsipper og klassifikasjon / Life cycle costs for construction works - Principles and classification. Standard Norge; 2013.

55. Norconsult Informasjonssystemer AS, Bygghanalyse AS. Norsk prisbok. Norsk prisbok. 2017.
56. Fong W, Sotos M, Doust M, Schultz S, Marques A, Deng-Beck C. Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories. An Accounting and Reporting Standard for Cities [Internet]. USA: World Resources Institute; 2014 [cited 2021 Oct 29]. Available from: https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards_supporting/GPC_Executive_Summary_1.pdf
57. Skaar C, Bergsdal H, Lausset C, Resch E, Bratlebø H. User-oriented LCA database for inventory of ZEN projects. SINTEF akademisk forlag; 2019. Report No.: ZEN Memo 17.
58. NS-EN 16485. Tømmer og skurlast - Miljødeklarasjoner - Produktkategoriregler for tre og trebaserte produkter til bruk i byggverk / Round and sawn timber-Environmental product declarations-Product category rules for wood and wood-based products for use in construction. Standard Norge, Oslo, Norway.; 2014. (Standard Norge, Oslo, Norway.).
59. NS-EN 16757. Bærekraftige byggverk - Miljødeklarasjoner - Produktkategoriregler for betong og betongelementer / Sustainability of construction works - Environmental product declarations - Product Category Rules for concrete and concrete elements. Standard Norge, Oslo, Norway.; 2017.
60. Wiik MK, Fuglseth M, Resch E, Lausset C, Andresen I, Bratlebø H, et al. Klimagasskrav til materialbruk i bygninger - Utvikling av grunnlag for å sette absolutte krav til klimagassutslipp fra materialbruk i norske bygninger [Internet]. FME ZEN; 2020 [cited 2021 Oct 29]. Available from: https://fmezen.no/wp-content/uploads/2020/05/ZEN-Report-no-24_Klimagasskrav-til-materialbruk-i-bygninger.pdf
61. Fjernkontrollen.no [Internet]. [cited 2021 Nov 29]. Available from: <https://www.fjernkontrollen.no/>
62. SETIS - SET Plan Information System [Internet]. [cited 2021 Oct 29]. Available from: https://setis.ec.europa.eu/index_en
63. Direktoratet for byggkvalitet. Byggteknisk forskrift (TEK17) [Internet]. 2017. Available from: <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/>
64. Miljøverndepartementet. § 8-1. Regional plan [Internet]. regjeringen.no; Apr 27, 2009. Available from: https://www.regjeringen.no/no/dokument/dep/kmd/veiledninger_brosjyrer/2009/lovkommentar-til-plandelen-i-/kapittel-8-regional-plan-og-planbestemme/-8-1-regional-plan/id556768/
65. Luthander R, Widén J, Nilsson D, Palm J. Photovoltaic self-consumption in buildings: A review. Appl Energy. 2015 Mar 15;142:80–94.
66. Krekling Lien S, Heimar Andersen K, Bottolfsen H, Lolli N, Sartori I, Lekang Sørensen Å, et al. Energy and Power: Essential Key Performance Indicators for Zero Emission Neighbourhoods: An analysis of 6 pilot areas [Internet]. ZEN Research Centre; 2021 [cited 2021 Nov 30]. Report No.: ZEN REPORT No. 36. Available from: https://fmezen.no/wp-content/uploads/2021/11/ZEN-Report-no-36_ENERGY-AND-POWER-ESSENTIAL-KEY-PERFORMANCE-INDICATORS-FOR-ZERO-EMISSION-NEIGHBOURHOODS.pdf
67. Vibeke N, Christiansen P, May H. Sustainable urban mobility indicators - relationships and comparisons [Internet]. Institute of Transport Economics (TØI); 2012 [cited 2021 Oct 29].

- Report No.: 1210/2012. Available from: <https://www.toi.no/publications/sustainable-urban-mobility-indicators-relationships-and-comparisons-article31568-29.html>
68. Benevolo C, Dameri R, D'Auria B. Smart Mobility in Smart City. Action taxonomy, ICT intensity and public benefits. In 2016. p. 13–28.
 69. Grue B, Landa-Mata I, Langset Flotve B. Den nasjonale reisevaneundersøkelsen 2018/19 - nøkkelrapport. Oslo: TØI; 2021 p. 198. Report No.: TØI-rapport 1835/2021.
 70. Caprotti F, Cowley R, Datta A, Broto VC, Gao E, Georgeson L, et al. The New Urban Agenda: key opportunities and challenges for policy and practice. *Urban Res Pract*. 2017 Jul 3;10(3):367–78.
 71. European Commission. Urban Agenda for the EU: Pact of Amsterdam [Internet]. 2016 [cited 2021 Nov 5]. Available from: https://ec.europa.eu/regional_policy/sources/policy/themes/urban-development/agenda/pact-of-amsterdam.pdf
 72. Lowndes V, Pratchett L, Stoker G. Trends in Public Participation: Part 2 – Citizens' Perspectives. *Public Adm*. 2001;79(2):445–55.
 73. Irvin RA, Stansbury J. Citizen Participation in Decision Making: Is It Worth the Effort? *Public Adm Rev*. 2004;64(1):55–65.
 74. Mcpherson E, Xiao Q, Aguaron E. A new approach to quantify and map carbon stored, sequestered and emissions avoided by urban forests. *Landsc Urban Plan*. 2013 Dec 1;120:70–84.
 75. Hartig T. Green space, psychological restoration, and health inequality. *Lancet*. 2008 Dec 1;372:1614–5.
 76. Claesson S, Ståhle A, Kleberg HL, Nordström T, Hernbäck J, Rydell M, et al. Värdeskapande Stadsutveckling. Värdering av stadskvaliteter för bostäder, kontor och handel i Göteborgsregionen. 2016.
 77. Stockholms läns landsting. Värdering av stadskvaliteter i Stockholmsregionen [Internet]. 2010 [cited 2021 Oct 29]. Available from: http://www.rufs.se/globalassets/h.-publikationer/2011_3_info_vardering_av_stadskvalitet.pdf
 78. Legeby A. Patterns of co-presence : Spatial configuration and social segregation [Internet]. [Stockholm]: KTH Royal Institute of Technology; 2013 [cited 2021 Oct 29]. Available from: <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:kth:diva-133678>
 79. Salom J, Tamm M, Andresen I, Cali D, Magyari Á, Bukovszki V, et al. An Evaluation Framework for Sustainable Plus Energy Neighbourhoods: Moving Beyond the Traditional Building Energy Assessment. *Energies*. 2021 Jan;14(14):4314.
 80. Subtasks || IEA EBC || Annex 83 [Internet]. [cited 2021 Nov 30]. Available from: <https://annex83.iea-ebc.org/subtasks>
 81. Miljødirektoratet, Statens vegvesen, Kystverket, Landbruksdirektoratet, energidirektorat N vassdrags- og, Enova. Klimakur 2030 [Internet]. online; 2020 p. 1196. Available from: <https://www.miljodirektoratet.no/klimakur>
 82. Hammond A, Adriaanse A, Rodenburg E, Bryant D, Woodward RT. Environmental indicators : a systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the

- context of sustainable development [Internet]. World Resources Institute; 1995 [cited 2021 Nov 19]. Available from: <https://www.semanticscholar.org/paper/Environmental-indicators-%3A-a-systematic-approach-to-Hammond-Adriaanse/f82b247aea3476397eb8dba876c0a348fedc0b40>
83. Baer D, Loewen B, Cheng C, Thomsen J, Wyckmans A, Temeljotov-Salaj A, et al. Approaches to Social Innovation in Positive Energy Districts (PEDs)—A Comparison of Norwegian Projects. *Sustainability*. 2021 Jan;13(13):7362.
 84. Kahn KB. Understanding innovation. *Bus Horiz*. 2018 May 1;61(3):453–60.
 85. Wiik MK, Fufa SM, Andresen I, Brattebø H, Gustavsen A. A Norwegian zero emission neighbourhood (ZEN) definition and a ZEN key performance indicator (KPI) tool. *IOP Conf Ser: Earth Environ Sci*. 2019 Oct;352:012030.
 86. Houlihan Wiberg AAM, Baer D. ZEN Toolbox: First concept for the ZEN Toolbox for use in the development of Zero Emission Neighbourhoods. Ulster University: SINTEF akademisk forlag; 2019.



Research Centre on
ZERO EMISSION
NEIGHBOURHOODS
IN SMART CITIES